

SÉRIE A N° 225

N° D'ORDRE

841

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Edmond GAIN

PRÉPARATEUR A LA SORBONNE

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LE RÔLE PHYSIOLOGIQUE DE L'EAU DANS
LA VÉGÉTATION.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 2 mars 1895, devant la Commission d'examen.

MM. G. BONNIER. *Président.*

MUNIER-CHALMAS. } *Examinateurs.*
GIARD. }

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

420, boulevard Saint-Germain, en face de l'École de Médecine

1895



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550229_0033

SÉRIE A N° 225

N° D'ORDRE

841

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Edmond GAIN

PRÉPARATEUR A LA SORBONNE

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LE RÔLE PHYSIOLOGIQUE DE L'EAU DANS
LA VÉGÉTATION.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **2** mars 1895, devant la Commission d'examen.

MM. G. BONNIER. *Président.*
MUNIER-CHALMAS. } *Examineurs.*
GIARD. }

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

420, boulevard Saint-Germain, en face de l'École de Médecine

1895



ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

Doyen.....	DARBOUX. Géométrie supérieure.
Professeur honoraire...	PASTEUR.
	DE LACAZE-DUTHIERS. Zoologie, Anatomie, Physiologie comparées.
	HERMITE..... Algèbre supérieure.
	TROOST..... Chimie.
	FRIEDEL..... Chimie organique.
	TISSERAND..... Astronomie.
	LIPPMANN..... Physique.
	HAUTEFEUILLE..... Minéralogie.
	BOUTY..... Physique.
	APPELL..... Mécanique rationnelle.
	DUCLAUX..... Chimie biologique.
	BOUSSINESQ..... Mécanique et physique expérimentale.
Professeurs.....	PICARD..... Calcul différentiel et calcul intégral.
	POINCARÉ..... Calcul des probabilités, Physique mathématique.
	Y. DELAGE..... Zoologie, Anatomie, Physiologie comparées.
	G. BONNIER..... Botanique.
	DASTRE..... Physiologie.
	DITTE..... Chimie.
	MUNIER-CHALMAS... Géologie.
	GIARD..... Zoologie. Évolution des êtres organisés.
	WOLF..... Astronomie.
	CHATIN..... Zoologie, Anatomie, Physiologie comparées.
Professeurs adjoints....	JOLY..... Chimie.
	PELLAT..... Physique.
Secrétaire.....	FOUSSEREAU.

A

M. GASTON BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

Hommage respectueux et témoignage de reconnaissance.

RECHERCHES

SUR

LE RÔLE PHYSIOLOGIQUE

DE L'EAU DANS LA VÉGÉTATION

Par M. EDMOND GAIN,

Préparateur au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

INTRODUCTION.

On a toujours su que l'eau est nécessaire à la végétation, mais c'est seulement depuis les recherches de Bernard Palissy (1) et de Th. de Saussure (2) qu'on a soupçonné l'importance de l'absorption de l'eau par les racines, comme véhicule des sels minéraux du sol. Liebig ensuite formula définitivement la théorie de l'alimentation des plantes et dans l'exposé de sa doctrine on trouve ces aphorismes :

« Les principes nutritifs fournis à la plante par le sol pénètrent par les racines dans l'organisme végétal. Leur introduction s'effectue à l'aide de l'eau qui les dissout et leur sert de véhicule. Certains d'entre eux sont solubles dans l'eau pure, d'autres seulement dans l'eau contenant de l'acide carbonique ou certains sels.

« Les récoltes sont, dans les différentes années, en rapport avec le degré de sécheresse ou d'humidité. Un champ

(1) Bernard Palissy, *Traité des sels et de l'agriculture*, 1563.

(2) Th. de Saussure, *Recherches sur la végétation*, 1804.

donnant, par suite de sa constitution, un faible rendement dans les années sèches, l'augmente dans une certaine limite dans les années de pluies, la température moyenne restant la même. »

Ainsi pour Liebig (1), l'eau sert à la fois d'aliment et d'adjuvant dans les phénomènes du développement des plantes.

D'après de Saussure, l'eau de végétation varie beaucoup avec l'espèce végétale, l'âge et le climat.

M. Émery (2) étudia très superficiellement le contenu en eau des plantes herbacées et signala le premier ce fait intéressant que la jeune plante herbacée est moins aqueuse que la plante un peu plus âgée.

M. Gélesnoff (3) détermina la quantité et la répartition de l'eau dans les plantes, mais surtout dans les plantes ligneuses. M. Dehérain (4) étudia les conditions de végétation de l'Avoine et compara les résultats obtenus en 1878, année sèche, et 1879, année pluvieuse.

M. von Höhnelt, dans son travail sur les feuilles de plantes herbacées, constate une variation d'eau suivant la phase du développement. Plus récemment M. Henri Jumelle (5) a précisé la marche du développement du poids sec et établi différentes courbes relatives au développement des parties de la plante.

Un certain nombre d'observations agronomiques montrent en outre que les rendements des plantes cultivées sont très variables suivant les années sèches (6) ou humides. Certaines cultures ne sont possibles que dans des sols possédant une certaine humidité, et les effets de la sécheresse sont très différents suivant la nature du sol ; d'autres plantes, au contraire, végètent mieux dans les sols très secs. D'autre part, la répartition géographique des plantes spontanées indique clai-

(1) Liebig, *Chimie organique appliquée à l'agriculture*, 1840 et 1855.

(2) Émery, *Rôle physique de l'eau dans la végétation*, 1865.

(3) Gélesnoff, *Quantité et répartition de l'eau dans les organes des plantes*, 1876.

(4) Dehérain, *Ann. agron.*

(5) Henri Jumelle, *Sur le développement des plantes annuelles*, 1889.

(6) Lawes et Gilbert, *Influence de la sécheresse de 1870 sur les récoltes*. *Ann. agron.*, t. I, pp. 251 et 554.

rement que la teneur du sol en eau est un des facteurs importants qui commandent leur habitat. Enfin l'examen de la morphologie externe des espèces qui croissent dans des conditions variées de sécheresse et d'humidité montre des différences très apparentes dans la taille et le port des individus.

MM. Hellriegel (1) et Wolny (2), ayant étudié l'influence de différents degrés d'humidité, sont arrivés à cette conclusion qu'il existe un optimum d'humidité pour le rendement des végétaux cultivés. M. Wolny s'appliqua à déterminer, au point de vue pratique, le rôle de l'eau comparativement dans un sol fumé et dans un sol non fumé.

MM. P. Sorauer (3) et Haberlandt ont établi par des expériences que le nombre et la longueur des tiges, les dimensions des feuilles et le poids des racines sont variables suivant le degré d'humidité du sol, ce qui confirme et précise l'observation courante.

On sait en outre, par les travaux de différents auteurs (4), qu'il existe une certaine relation entre la quantité de matière sèche élaborée et le poids d'eau transpirée pendant la végétation.

Cependant cette relation est assez peu constante. M. Dehérain, reprenant des expériences d'Haberlandt, a trouvé en effet que 1 kil. de substance sèche élaborée par la plante correspondait sur un sol donné à 680 kil. d'eau transpirée par la plante, et à 220 kil. d'eau seulement sur le même sol fumé. Pour saisir l'action directe de l'eau, indépendamment des faits connexes d'alimentation, il convient donc d'expérimenter sur un sol peu riche et homogène.

En dehors de ces travaux et de ces conclusions, un certain nombre de recherches ont montré l'action indirecte de l'eau sur différents phénomènes qui touchent de près à la nutri-

(1) Hellriegel, *Crockers Centralblatt*.

(2) Leroux, *Influence de l'humidité du sol sur la végétation*. Agriculture nouvelle, 1893.

(3) P. Sorauer, *Influence de l'abondance ou du manque d'eau*. Bot. Zeit., 1878.

(4) Hellriegel, Haberlandt, Risler, Wolny, etc.

tion de la plante (nitrification, solubilité des éléments minéraux, propriétés physiques du sol, ... etc.).

Non seulement l'eau est un dissolvant et un aliment, mais encore elle fait partie intégrante de la cellule dans des proportions déterminées; son abondance exagérée comme sa rareté déterminera un état pathologique de la plante.

Nous avons abordé l'étude expérimentale du rôle de l'eau dans la végétation avec le but de réunir et condenser les principales notions relatives au rôle physiologique de l'eau, et de préciser ce rôle par des expériences nouvelles; enfin pour étudier avec détail, en ce qui concerne la plante herbacée, les rapports intimes, jusqu'ici non étudiés, qui relient la teneur en eau aux phénomènes de physiologie générale tels que la croissance, le développement en poids, la durée et les stades végétation, l'avenir de l'espèce.

Le complément de cette étude serait naturellement d'exposer les variations morphologiques et chimiques dues à l'influence du milieu sec ou humide, mais réservant pour l'instant cette partie nous diviserons ainsi notre travail :

1. Influence de l'eau sur le développement en poids;
2. Influence de l'eau sur la croissance;
3. Influence de l'eau sur la propagation et l'avenir de l'espèce.

Dans un précédent travail (1) étudiant les différents modes d'action de l'eau sur la végétation, nous avons précisé ce qu'on devait entendre par résistance de la plante à la sécheresse, et les conséquences biologiques qui sont liées à la plus ou moins grande quantité d'eau contenue dans le sol.

Nos expériences, sur l'absorption aqueuse des racines qui croissent dans un sol sec ou dans un sol humide, nous avaient montré que la saturation d'un sol préalablement sec introduit des perturbations brusques dans la quantité d'eau absorbée par les racines.

Enfin nous sommes arrivé à cette conclusion que la trans-

(1) Edmond Gain, *Action de l'eau du sol sur la végétation* (Revue générale de Botanique, p. 15, 1895).

piration de la plante est variable suivant le contenu du sol en eau. Elle est plus forte sur sol humide, mais seulement jusqu'à une certaine limite. Au delà de cet optimum, elle diminue, ce qui indique une turgescence exagérée anormale.

Voici les principales conclusions du travail que nous venons de mentionner : la turgescence optimum varie à chaque instant de la végétation, car l'individu qui est la somme de toutes les activités cellulaires, a certainement une pérennité qui est caractérisée par une teneur en eau différente suivant le stade végétatif considéré, c'est ce que prouveront du reste les données numériques du présent mémoire.

La quantité d'eau interne nécessaire pour réaliser à chaque instant l'optimum de turgescence doit donc être variable pendant la durée de la végétation.

Nous savons, en outre, que la transpiration, la respiration, l'assimilation varient beaucoup suivant l'âge des organes. La consommation d'eau interne, soit par le fait de la transpiration, soit par le fait des synthèses organiques, sera donc très variable aussi suivant l'âge du végétal. Ainsi, suivant le stade végétatif, l'appel d'eau sera variable. Comme c'est le sol qui doit fournir cette eau, il y a sans nul doute un optimum d'humidité du sol qui varie suivant le stade de végétation. Nous donnerons, par la suite, les preuves que l'on peut apporter à l'appui de cette assertion.

L'eau qui existe abondamment dans le sol peut donc entrer en abondance dans la plante, et celle-ci n'a d'autre régulateur que l'exagération de sa transpiration. Ce phénomène étant, sans nul doute, limité, nous devons prévoir que l'eau entrée en trop grande quantité pourra nuire aux synthèses organiques. Quand ce fait se produira nous dirons que l'humidité du sol a dépassé l'optimum.

Une question assez complexe se pose donc pour la suite de ce travail :

1° Y a-t-il un optimum d'humidité du sol variable suivant les parties considérées et suivant les stades de végétation ; quel est le sens de sa variation ?

2° Quelle relation y a-t-il entre la valeur absolue de l'optimum et la plus ou moins grande sécheresse des stations où l'espèce se rencontre habituellement?

3° Dans quelles limites l'humidité exagérée du sol peut-elle influencer sur la teneur en eau des différentes parties de la plante?

4° Une espèce végétale, disposant de deux sols très inégalement humides, quelles seront les conséquences de cette différence sur leur accroissement en poids et sur leur croissance en général?

5° L'humidité optimum qui correspond pour l'individu à un développement maximum, correspond-elle aussi aux conditions optima pour l'espèce?

Tels sont les différents points qui feront surtout l'objet des recherches qui suivent.

PREMIÈRE PARTIE

INFLUENCE DE L'EAU DANS L'ACCROISSEMENT EN POIDS.

Dans un travail que nous avons déjà signalé, M. Jumelle a déterminé la marche générale du développement des plantes annuelles, en employant la méthode de Knop.

Pour des recherches aussi délicates, sur un sujet presque entièrement neuf, la méthode des solutions nutritives était seule possible.

Mais, une fois en possession des résultats de ces recherches, on pouvait se demander si les conditions mêmes de l'expérience (culture en solution), n'avaient pas altéré dans une certaine mesure l'évolution physiologique normale de la plante. L'eau joue, on le sait, un rôle important dans les phénomènes physiologiques. Voulant approfondir ce rôle, en comparant ce qui se passe dans deux cas extrêmes (grande humidité et grande sécheresse), les résultats, obtenus cette fois, en pleine terre, devaient en outre répondre à l'objection que nous avons signalée.

Ainsi, nous exposerons assez longuement l'étude du développement, parce que nous cherchons, non seulement à expliquer l'action de l'eau, mais aussi à donner de nouveaux documents relatifs à l'accroissement des plantes croissant dans les conditions naturelles, en sol ordinaire, expériences qui, jusqu'ici, ont été beaucoup trop délaissées. L'auteur que nous avons cité s'était surtout préoccupé du développement

du poids sec. Nous ferons une part plus grande à l'étude du poids frais et à celle de la proportion centésimale d'eau en indiquant les courbes de leur variation.

Le sol employé était très favorable à ces recherches : sable de Fontainebleau additionné d'un peu de terre de jardin. Le sable, surtout mouillé, permet d'extraire assez exactement la totalité des racines des plantules, et, pendant l'âge adulte, la presque totalité des racinelles des plantes à racines peu profondes.

Il y a incontestablement, de par le fait de la culture en pleine terre, des racinelles qui ne peuvent être récoltées, d'où une certaine erreur qu'il faut chercher à éviter, mais à laquelle on ne peut pas complètement échapper.

Comme dans le cas particulier qui nous occupe, nous avons à faire des comparaisons, nous pouvons considérer que cette erreur est très diminuée ; par suite, avec de nombreuses précautions, les résultats acquis peuvent être regardés comme assez rapprochés de l'exactitude. Les cultures en pleine terre ont du reste été vérifiées par des cultures en pots qui permettaient de recueillir absolument toutes les racines.

Prise d'échantillon. — M. Jumelle, dans ses recherches, a cru devoir rapporter tous ses résultats à 1 gramme de graine sèche. « Cette méthode, dit l'auteur, donne des résultats bien plus comparables entre eux que les poids absolus des plantes et de leurs organes. »

Cette conclusion paraît, en effet, très rationnelle, mais ne doit pas certainement être exagérée.

Pour m'en rendre compte j'ai à cet effet cultivé deux lots de cinq Fèves (*Faba vulgaris*) dans deux grands pots.

Les conditions, dans chacun des pots, étant identiques, les « poids secs » obtenus devaient être proportionnels aux poids secs des graines. Je n'ai pas obtenu de chiffres proportionnels. Il faut donc admettre que ce qui commande le rendement en poids d'une plante n'est pas seulement le poids sec de la graine qui l'a produite.

Il y a cependant un fait exact, dans l'observation que les graines les *plus grasses* donnent en général des plantes plus fortes, c'est ce qu'avait trouvé M. Jumelle (1) et ce qu'à plus tard vérifié à nouveau M. Schribaux (2).

Il importe donc de prendre les graines aussi peu dissemblables que possible; mais, il se produira néanmoins des différences individuelles qui tiennent aux caractères héréditaires qu'apporte l'embryon; souvent ces différences étouffent les autres variations dues à l'abondance plus ou moins grande des réserves de l'albumen ou des cotylédons.

Nous insistons d'autant plus sur l'importance de ces variations dues à des caractères ancestraux que nous aurons à y revenir au cours de ce travail.

Afin d'obtenir des résultats qui soient les plus comparables possibles, nous avons expérimenté de la façon suivante : Pour toutes nos expériences en pots, dans les cultures faites pour le développement des cotylédons et de l'axe hypocotylé : nous avons pris la précaution employée par M. Jumelle, mais pour les cultures en pleine terre nous y avons suppléé par une autre qui remplace avantageusement la première (3) et lui ajoute une grande précision : elle consiste à éliminer pendant les premières semaines tous les échantillons qui visiblement sont au-dessus ou au-dessous de la moyenne de la culture au point de vue du développement. On n'opère donc ainsi, par la suite, que sur des échantillons aussi comparables que possible.

Nous avons, en outre, employé le moyen suivant dans la plupart des cas :

A chaque prise on indiquait des échantillons, bien semblables à ceux qu'on prélevait, et on les destinait à la prise suivante. De cette façon on évite des erreurs dues aux différences individuelles.

(1) Jumelle, *loc. cit.*

(2) Schribaux, *Comptes rendus Acad. Sc.*, 1893.

(3) Il était impossible, en effet, de peser une à une, les graines nécessaires pour semer plusieurs mètres carrés; surtout lorsqu'il s'agissait de graines petites (Lin, Orge, Sarrasin, Pavot, etc.).

Cette première partie comprendra le développement comparé en sol sec et en sol humide :

1° De la racine ;

2° De la tige et des feuilles :

a. Début de la végétation axe hypocotylé, cotylédons, tige).

b. Développement général de la partie aérienne.

3° De la tige et de la racine (rapport de leur poids);

4° De la plante entière.

Dans toutes nos expériences sur le développement en poids, nous avons expérimenté sur un sol de jardin très riche en sable calcaire de Fontainebleau. Les expériences ont été faites pendant une période de sécheresse, de sorte que les sols secs ne contenaient en eau que 3 à 6 p. 100 de leur poids. Les sols humides, au contraire, arrosés jusqu'à 6 fois par jour en contenaient de 12 à 16 p. 100.

I. — DÉVELOPPEMENT DE LA RACINE.

Nous aurons à examiner, comparativement en sol sec et en sol humide :

1° Le développement quantitatif du poids frais ;

2° Le développement quantitatif du poids sec ;

3° La teneur en eau à différentes périodes du développement, autrement dit la valeur du poids sec rapporté au poids total ;

4° La comparaison de la durée des différents stades de végétation.

Pour la racine nous donnons comme exemple la végétation du Lupin et de la Fève.

1. — Poids frais.

Lupinus albus L. (Lupin blanc). — Les échantillons ont toujours été pris au moins en double pour éliminer les causes d'erreur dues aux variations individuelles.

La prise d'échantillon était faite dans la matinée, tous les trois, cinq ou huit jours suivant le stade de végétation. Voici les poids frais des plantes dans les deux sols :

Poids frais. (*Lupinus albus*.)

DATES.	NOMBRE DE JOURS DE VÉGÉTATION.	EN SOL SEC.	EN SOL HUMIDE.
		grammes.	grammes.
11 mai.....	10 jours.	0,230	0,385 ?
13 —	12 —	0,485	0,502
21 —	20 —	0,732	0,905
24 —	23 —	0,890	»
28 —	27 —	0,935	1,109
1 ^{er} juin.....	31 —	1,210	1,225
6 —	36 —	1,360	1,235
10 —	40 —	1,423	1,280
16 —	46 —	1,500 (M ₁)	1,349
20 —	50 —	0,995 (m)	1,395 (M' ₁)
23 —	53 —	1,020	1,200 (m)
30 —	60 —	1,090	1,540
5 juillet.....	65 —	1,575 (M ₂)	1,855
8 —	68 —	1,468	1,915
13 —	73 —	1,275	2,140 (M' ₂)
19 —	79 —	0,975	2,115
24 —	84 —	0,595	1,847
	Récolte.		

On constate dans ce tableau, une accélération dans l'accroissement de la *racine*, dès le début du développement. Au point de vue de la valeur maximum on trouve que la racine se développe davantage en sol humide, dans le rapport :

$$\frac{H}{S} = \frac{2.140}{1.575}, \text{ soit environ les } \frac{13}{10}.$$

Ce chiffre n'est évidemment pas un chiffre invariable, mais il représente 9 cas sur 10 environ. Le cas aberrant est plutôt voisin de l'unité.

Nous donnons ci-après (fig. 1) les courbes du développement du poids frais pour les plantes de sol sec et les plantes de sol humide. Elles sont construites avec les chiffres ci-dessus.

L'examen de la courbe précédente permet de constater

que la racine a sensiblement le même développement en poids, dans les deux sols, jusqu'à la floraison qui apparaît des deux côtés en même temps le 15 juin.

Mais, comme l'ont constaté depuis longtemps les auteurs, et notamment Senebier, la floraison est une période de crise pour la plante qui, à ce stade, a besoin d'une certaine quantité d'eau et bénéficie d'un arrosage.

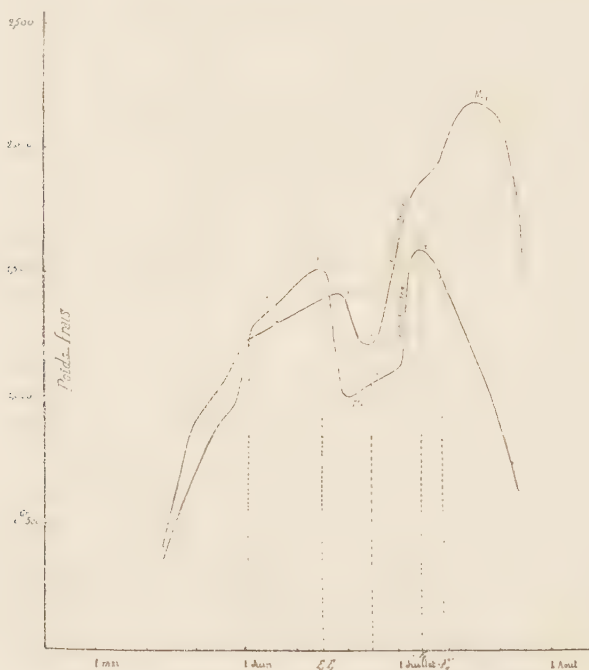


Fig. 1. — *Lupinus albus*. — Poids frais de la racine; F_H, F'_H, floraison en sol humide; F_S, F'_S, floraison en sol sec.

La courbe indique un affaiblissement beaucoup mieux caractérisé en sol sec. La plante de sol humide, au contraire, ne subit qu'une diminution de poids courte en durée (du 21 au 29 juin). En sol sec, cette même période dure, en effet, du 16 juin au 5 juillet. La diminution du poids frais est de 505 milligrammes, soit $1/3$ du poids de la racine en sol sec; elle n'est que de 195 milligrammes, soit $1/6$ du poids de la racine en sol humide.

Deux autres différences sont encore plus importantes. L'affaiblissement est suivi d'un rapide accroissement qui élève le poids de la racine jusqu'à un second maximum M'_2 qui est les 11/7 du premier maximum préfloral M'_1 . En sol sec le second maximum M_2 est sensiblement égal au premier M_1 .

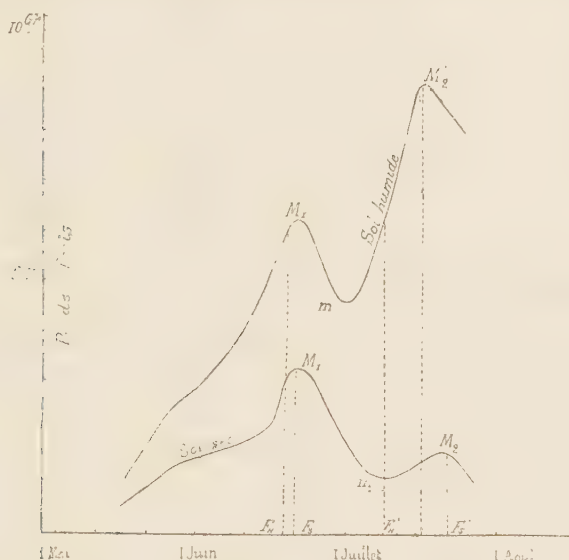


Fig. 2. — *Faba vulgaris*. — Poids frais de la racine; F_s , F'_s , et F_H , F'_H , floraison en sol sec et en sol humide; m , affaiblissement floral.

De plus, le second maximum une fois atteint, la période de dessiccation pour la plante commence bientôt, et s'accroît rapidement. Or, tandis que le maximum M_2 est atteint le 5 juillet, M'_2 n'arrive que le 14 juillet pour la plante de sol humide. On peut donc conclure d'une façon générale, que :

La racine, dans un sol humide, après la floraison, bénéficie de la présence de l'eau, puisqu'elle conserve une plus grande vigueur et prolonge sa période de croissance.

Faba vulgaris Moench (Fève). — La végétation de la Fève offre exactement les mêmes phénomènes que celle du Lupin : les conclusions y sont plus accentuées encore, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau et les courbes qui suivent (fig. 2).

Poids frais (1). (*Faba vulgaris*).

DATES.	NOMBRE DE JOURS DE VÉGÉTATION.	SOL SEC.	SOL HUMIDE.
		grammes.	grammes.
15 mai.....	14 jours.	0,065	0,107
25 —	24 —	1,250	2,400
3 juin.....	35 —	1,600	3,480
10 —	40 —	1,800	4,090
16 —	46 —	2,100	5,030
20 —	50 —	3,315 (M ₁)	6,335 (M' ₁)
25 —	55 —	2,400	5,401
30 —	60 —	1,520	4,605 (m)
6 juillet.....	66 —	1,160 (m)	5,580
13 —	73 —	1,210	8,820 (M' ₂)
19 —	79 —	1,620 (M ₂)	8,550
24 —	84 —	0,715	7,810

Dans le *Faba vulgaris* le développement de la racine est très accéléré en sol humide de sorte que M₁ est beaucoup plus grand que M₁.

L'affaiblissement floral 2, encore plus accentué en sol sec, est suivi d'un rapide accroissement en sol humide, tandis que la plante du sol sec se relève à peine vers un second maximum qui est plus petit que le premier. Comme la fructification exige toujours une certaine quantité d'eau 3, la plante S se trouve dans de très mauvaises conditions pour fructifier : la racine vient en effet de perdre la majeure partie de son eau, va se dessécher rapidement, et par suite ne pourra plus absorber dans le sol les liquides nécessaires à la continuation de la

(1) Les chiffres de ce tableau sont relatifs à la culture qui a donné les résultats les plus accentués. Dans la nature l'affaiblissement est ordinairement moindre.

(2) Pour calculer l'affaiblissement floral, on fait l'opération suivante :

$$M_1 - m = \text{affaiblissement.}$$

soit en fonction de M₁, affaiblissement = $\frac{M_1 - m}{M_1}$. On a ainsi pour *Faba*

$$\text{vulgaris } M_1 = 3,315 \quad m = 1,160. \quad \text{D'où A. fl.} = \frac{3,315 - 1,160}{3,315} = 0,65.$$

(3) Pour abrégier la rédaction nous emploierons désormais la notation S pour désigner la plante de sol sec et la notation H pour indiquer celle qui a végété sur un sol humide.

végétation. Les chiffres suivants expriment les variations de ces phénomènes :

Faba vulgaris Mœnch.

SOL SEC.	SOL HUMIDE.
Durée $F_1F_2=30$ jours (20 juin-20 juil.)	Durée $F'_1F'_2=20$ jours (17 juin-7 juil.)
Affaiblissement floral (1) $=0,65$ de M_1 .	Affaiblissement floral $=0,27$ de M'_1 .
Valeur de M_2 $=0,48$ de M_1 .	Valeur de M'_2 $=1,29$ de M'_1 .

Lupinus albus L.

SOL SEC.	SOL HUMIDE.
Durée $F_1F_2=19$ jours (16 juin-3 juil.)	Durée de $F'_1F'_2=8$ jours (21-29 juin).
Affaiblissement floral $=0,33$ de M_1 .	Affaiblissement floral $=0,13$ de M'_1 .
Valeur de M_2 $=1,005$ de M_1 .	Valeur de M'_2 $=1,53$ de M'_1 .

2. — Poids sec.

Le tableau suivant, qui a servi à construire la courbe qui y est annexée (fig. 3), montre immédiatement que le poids

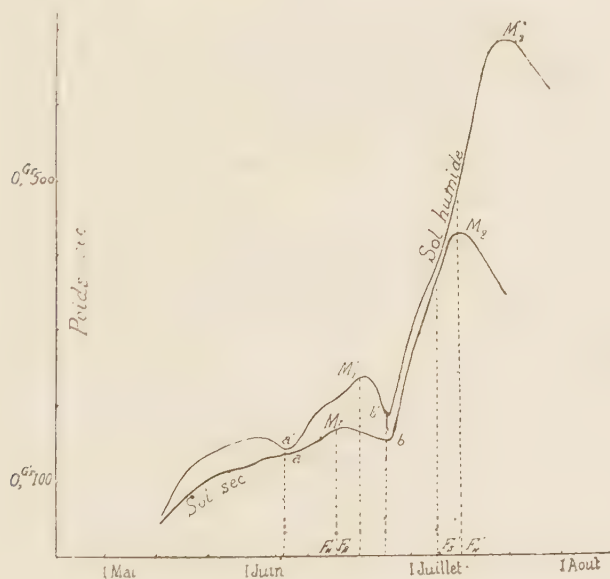


Fig. 3. — *Lupinus albus*. — Poids sec de la racine.

sec reste, pendant tout le temps de la végétation, plus petit en S qu'en H.

Poids sec (Racine). (*Lupinus albus* L.)

DATES.	NOMBRE de JOURS de VÉGÉTATION.	EN SOL SEC.			EN SOL HUMIDE.		
		Poids sec	Poids sec 0/0 du poids frais.	Eau 0/0 du poids frais.	Poids sec.	Poids sec 0/0 du poids frais.	Eau 0/0 du poids frais.
		gr.			gr.		
11 mai.	40 jours.	0,042	18,26	81,74	0,060	13,78	84,22
13 —	42 —	0,082	16,91	83,09	0,078	13,59	84,41
24 —	20 —	0,101	13,79	86,21	0,137	13,13	84,87
24 —	23 —	0,119	13,41	86,59	»	»	»
28 —	27 —	0,120	12,83	87,17	0,149	13,43	86,57
1 ^{re} juin.	31 —	0,147	12,14	89,51	0,156	12,73	87,27
6 —	36 —	»	»	90,23	0,136	11,05	88,95
10 —	40 —	0,151	10,58	89,42	0,192	13,01	84,99
16 —	46 —	0,173	11,66	88,34	0,221	16,38	83,62
20 —	50 —	0,170	17,08	82,92	0,240	17,20	82,80
23 —	53 —	0,147	14,41	85,59	0,180	13,00	85 —
30 —	60 —	0,280	25,68	74,32	0,297	19,28	80,72
5 juillet.	63 —	0,368	25,93	74,07	0,388	20,91	79,09
8 —	68 —	0,430	29,35	70,65	0,479	25,02	74,98
13 —	73 —	0,403	31,64	68,36	0,670	31,94	68,06
19 —	79 —	0,340	34,87	65,13	0,680	32,15	67,85
24 —	84 —	0,330	55,63	41,37	0,610	34,65	65,35
	Récolte.						

La courbe du poids frais nous avait indiqué un moment (a) où la racine pesait un peu plus en sol sec qu'en sol humide. Sur la courbe du poids sec, le point (a') (a'') qui est indiqué par un rapprochement des deux courbes indique que le contenu centésimal en eau est moindre en sol humide qu'en sol sec. Nous reviendrons sur cette remarque dans le paragraphe suivant.

A partir de ce moment on voit le poids sec augmenter dans les deux cas, mais plus rapidement en H qu'en S.

Quand la floraison arrive en S, l'affaiblissement se traduit par une chute rapide du poids frais. Selon toute vraisemblance, ce fait dénote une activité énorme des phénomènes respiratoires comme l'a indiqué M. Jumelle, de sorte que, pour combler les pertes de la tige, une migration se fait de la racine vers le haut de la plante. A cause de l'abaissement subit du contenu en eau, cette migration ne s'opère sans doute qu'avec difficulté, car on voit le poids sec de la racine

diminuer lentement (15-25 juin). Cette diminution coïncide du reste avec l'apparition des premières fleurs. Vers le début de la fructification, fin de la floraison, quand le poids frais remonte vers un second maximum, le *poids sec* s'accroît rapidement. Du 3 au 7 juillet le poids frais a atteint M_2 , et en ce moment le poids sec atteint aussi son maximum.

A partir de ce moment les rapports de la plante S avec le sol sont terminés. Des migrations vont continuer vers les fruits qui resteront petits, car la dessiccation rapide (15-25 juillet) arrête le déplacement des principes immédiats.

En sol humide, au contraire, nous avons vu le poids frais augmenter après le début de la floraison. Il en est de même du poids sec. Mais dans les deux cas la chute du poids frais entraîne celle du poids sec (15 juin en S, et 20 juin en H).

La perte de poids sec est beaucoup plus importante en H. La plante H est plus normale à ce moment et grâce à sa vigueur générale ne souffre pas de la perte qui atteint son maximum vers le 25 juin (*h h'*). Le poids sec augmente ensuite aussi rapidement en H qu'en S, et se continue beaucoup plus longtemps, de sorte que la racine de la plante gagne en poids sec, aussi longtemps qu'elle gagne en poids frais, c'est-à-dire jusqu'au 18 juillet environ.

3. — Proportion centésimale d'eau et de poids sec.

Les courbes séparées du poids frais et du poids sec ne mettent pas en lumière un certain nombre de différences intéressantes qui, au contraire, sont évidentes en construisant la courbe qui exprime pour chaque moment la proportion centésimale d'eau et de poids sec.

Au début de la végétation, la racine primaire peu ramifiée est semblable dans les deux cas; bientôt celle de sol sec gagne moins rapidement en eau que celle de sol humide, de sorte que sa teneur en eau est inférieure, et par suite son poids sec centésimal est plus élevé. On peut le constater par les chiffres suivants obtenus dans plusieurs cultures faites à quelques jours d'intervalle :

ESPÈCES VÉGÉTALES.	NOMBRE DE		SOL SEC.				SOL HUMIDE.			
	Plan- tules.	Jours de végé- tation.	POIDS FRAIS.		POIDS SEC.		POIDS FRAIS.		POIDS SEC.	
			Abso- lu.	Eau 0/0	Abso- lu.	0/0	Abso- lu.	Eau 0/0	Abso- lu.	0/0
<i>Lupinus albus</i> L.	1	10 j.	gr. 0,208	87,5	gr. 0,026	12,5	gr. 0,319	89,97	gr. 0,032	10,03
<i>Phaseolus vulga- ris</i> L.	1	10	1,375	83,28	0,230	16,72	1,995	87,37	0,252	12,63
<i>Linum usitatissi- mum</i> L.	10	24	0,150	74,00	0,039	26,00	0,535	85,42	0,078	14,58
<i>Cannabis sativa</i> L.	3	24	0,100	72,00	0,028	28,00	0,420	78,58	0,090	21,42
<i>Lupinus albus</i> L.	1	13	0,485	89,30	0,082	16,91	0,502	84,41	0,078	15,59
<i>Pisum sativum</i> L.	1	24	0,100	79,5	0,025	20,5	0,455	84,72	0,070	15,3
<i>Faba vulgaris</i> Mench.	1	46	2,100	80,72	0,405	19,28	5,030	88,28	0,590	11,72

En somme, la racine de la plante est toujours moins aqueuse en sol sec pendant la première partie de la végétation, ce qui était facile à prévoir. Sous l'influence du sol très sec la croissance des parties aériennes est cependant arrêtée ou du moins très ralentie ; les feuilles, au contraire, s'épanouissent largement en sol humide de sorte que les synthèses organiques sont bien plus actives en H.

On peut même ajouter que ce gain « se capitalise », puisqu'il concourt à former de nouvelles feuilles qui, elles aussi, travaillent à augmenter le poids sec en assimilant le carbone.

Ainsi se trouve expliqué l'accroissement considérable du *poids sec* de la plante de sol humide, de sorte que ce gain élève rapidement la proportion centésimale du poids sec (Voyez (fig. 3), la courbe du poids sec, 20-25 mai).

Pendant ce temps, la plante de sol sec gagne en eau en suivant le cours de son évolution, mais ne peut pas gagner beaucoup en poids sec, puisque les feuilles manquent pour élaborer les substances organiques. D'un autre côté l'absence même des feuilles, ou du moins leur petit nombre, empêche la plante de transpirer comme elle le ferait à ce stade de son développement, si elle était bien feuillée.

Ainsi, d'une part, diminution du gain en poids sec, et d'autre part, ralentissement dans la transpiration ; ces deux

phénomènes concourent ensemble à maintenir dans la plante S un taux centésimal d'eau supérieur à ce même taux en H.

La courbe, construite avec les chiffres du tableau, exprime clairement, pour le Lupin, cet abaissement rapide du taux centésimal du poids sec, abaissement qui tombe d'un chiffre très élevé, 18,26 p. 100, à un chiffre très inférieur, 10,50 p. 100; tandis qu'en H l'écart est moins considérable; d'une part parce que le contenu aqueux était préalablement plus grand, et en outre parce que l'élaboration rapide du poids sec maintient dans la plante une forte proportion de substance sèche.

Il y a donc une période du développement (18 mai-20 juin), où la plante S avait proportionnellement plus d'eau que la plante H. Ce fait, qui au premier abord peut surprendre, s'explique par les raisons que nous venons de donner. L'examen des cultures indiquait du reste, au point de vue de la croissance, une période de repos et d'arrêt du 15^e au 30^e jour de végétation en S; et, au contraire, un développement rapide des nouvelles feuilles en H. Au point de vue de la morphologie externe, c'est pendant cette période qu'on observait entre les deux cultures les différences les plus apparentes.

Il ne faut pas oublier que, avant cette augmentation de la teneur en eau, la composition des deux plantes était très différente : la racine renfermait, en H, $1/5$ d'eau en plus qu'en S. Peut-être cet abaissement ne peut-il pas toujours aboutir à faire croiser les deux courbes comme on peut le voir par les chiffres du tableau; mais, ce qui doit être très général dans la plupart des plantes, c'est un abaissement du poids sec beaucoup plus fort en S qu'en H. De sorte que, quelques jours avant la floraison, la teneur centésimale en eau doit être toujours très voisine dans les racines des plantes des deux sols.

4. — Durée des différents stades de végétation.

La végétation de la racine, comme on a pu déjà le pres-

sentir par les chiffres obtenus, est intimement liée à la végétation de la partie aérienne.

On voit en effet la feuillaison, la floraison et la fructification produire dans la racine : 1° les variations de la composition centésimale ; 2° les variations dans la vitesse et l'étendue de l'accroissement du poids frais et du poids sec.

Les auteurs admettent généralement que la vie de la racine est surtout importante pendant la première période de la végétation (1); je crois devoir insister sur ce fait que presque toujours l'arrêt de la végétation dans les plantes de sol coïncide avec la dessiccation de la racine; je considère cette dessiccation comme la cause déterminante de l'arrêt de végétation, et des expériences précises me permettent de l'affirmer.

Expérience n° 1. — Des Lupins (*Lupinus albus*) ont été semés le 14 mai en sol sec et sol humide, on a attendu le stade où le poids frais de la racine a atteint (18 juillet) son maximum M_2 ; huit jours après, la moitié du lot a été arrosé; les racines, en retrouvant l'eau, ont permis le développement de plusieurs feuilles au sommet de la plante.

Ainsi, le sécheresse pendant toute la végétation n'avait pas pour effet de terminer rapidement le cycle évolutif de la plante, et comme contre-coup de dessécher ensuite la racine. C'est, au contraire, à la suite de la dessiccation de la racine que la partie aérienne terminait son évolution; il a suffi de rendre la vie à la racine, en relevant sa proportion d'eau, pour rendre en même temps à la tige une nouvelle croissance.

Expérience n° 2. — Des Fèves (*Faba vulgaris*), ayant été cultivées dans les mêmes conditions, j'ai pu obtenir, non seulement de nouvelles feuilles, mais aussi des fleurs de 2° floraison. Les feuilles obtenues en rendant l'eau à la racine étaient du reste plus larges que les feuilles maxima que le pied avait produit jusque-là.

Ces expériences, jointes aux résultats indiqués par la

(1) Dehérein, *Chimie agricole*, p. 306. — Dehérein et Bréal, *Maturation de quelques plantes herbacées*. An. agron., t. VII.

courbe du poids frais, permettent donc de conclure *que la racine en se desséchant, en sol sec, arrête hâtivement la vitalité de la plante entière.*

On peut constater que les variations dans le poids frais sont plus accentuées en sol sec. Les variations dans le poids sec le sont au contraire davantage en sol humide. On peut l'expliquer, d'une façon très logique, en considérant que la croissance, ainsi que nous le dirons plus loin, est beaucoup plus active en sol humide.

La partie aérienne, recevant l'eau en abondance, ne fait que rarement diminuer le contenu en eau de la racine, qui ainsi reste capable de fonctionner.

En sol sec, au contraire, l'appel d'eau produit cette diminution considérable dans le poids frais qui aboutit parfois à la dessiccation de la racine, dessiccation dont l'effet est d'arrêter complètement la végétation. Faute d'eau venant de la racine, l'augmentation du poids sec cesse.

M. Dehérain (1) trouve que, après la floraison, les plantes peuvent être divisées en trois catégories :

1° Les plantes qui diminuent de poids aussitôt après la floraison, et qui éprouvent un dépérissement graduel jusqu'à la mort ;

2° Les plantes qui éprouvent un affaiblissement traduit par la diminution de la matière sèche, mais qui conservent pendant la maturation assez de vigueur pour une recrudescence de végétation ;

3° Les plantes qui continuent à augmenter de poids pendant qu'elles mûrissent leurs graines.

Ce que nous avons dit plus haut de la racine, montre que la plante peut, suivant la quantité d'eau dont elle dispose, appartenir à l'un de ces trois groupes.

La Fève, par exemple, voit en sol sec sa racine dépérir après la floraison, comme il est dit des plantes du premier groupe. En sol humide, au contraire, cette plante peut être rangée dans le troisième et le deuxième groupe.

(1) *Annales agronomiques*, 1881.

Il est donc fort probable qu'une classification des plantes à cet égard, n'indique rien dans la plupart des cas.

Ce sont les conditions extérieures telles que l'humidité combinée à la chaleur et à la lumière qui doivent influencer sur la durée de la dernière période du développement. Nos expériences, du moins, sont en faveur de cette conception.

La racine paraît jouer un rôle régulateur dans la teneur en eau de la partie aérienne. Le taux centésimal du poids sec tend-il à l'élever trop fort, la racine fournit son eau propre qui émigre vers les parties supérieures pour rétablir le taux normal centésimal d'eau. Il s'ensuit que, si le sol est trop sec, la racine ne peut pas combler son déficit en eau : la proportion centésimale du contenu en eau diminue alors dans la racine.

Ce rôle est surtout important au moment de la floraison, ce qu'indique la courbe du poids frais, où l'on voit la perte en eau et en poids sec diminuer le poids frais d'un tiers. Si l'on considère la perte du poids sec qui se produit à la floraison, on voit que cette perte est minime pour la plante S : elle n'atteint pas 100 milligrammes. Or, pour la même plante, l'affaiblissement floral de la racine est de 500 milligrammes environ, soit plus de 400 milligrammes à mettre sur le compte de la perte en eau par migration.

Ce raisonnement est d'autant plus sûrement applicable, que les deux tableaux de chiffres, qui ont servi à construire les courbes, sont relatifs aux mêmes échantillons pour chaque date considérée.

II. — DÉVELOPPEMENT DE LA TIGE ET DES FEUILLES.

1° — DÉBUT DE LA VÉGÉTATION.

Avant d'aborder le développement général de la partie aérienne de la plante, nous devons examiner séparément les phénomènes qui marquent le début de la végétation. Pour

suivre, avec plus d'exactitude, les variations faibles qui caractérisent le développement des *cotylédons*, de l'*axe hypocotylé* et de la *tige feuillée épicotylée*, nous avons fait, en dehors des cultures en plein champ, différentes cultures en pots. C'est une de ces dernières cultures qui nous servira à établir les différences observées.

Voici le détail de ces expériences :

Dans un même paquet de graines on a pris deux fois soixante graines. Ces échantillons ont été choisis aussi comparables extérieurement que possible. En les faisant passer successivement sur le plateau d'une balance, on s'est assuré que toutes pesaient de 0^{gr},378 à 0^{gr},390. L'ensemble de chaque lot pesait 23^{gr},025 environ, soit une moyenne de 0^{gr},383 par graine.

Mises à gonfler le 25 mai au matin, ces graines ont été semées dans quatre pots contenant 24 kilogrammes de terre. Après le gonflement, les graines pesaient en moyenne 0^{gr},870. La terre était saturée et entretenue à saturation pour le sol humide. Le sol sec, arrosé assez pour permettre la levée et l'enracinement, a ensuite été abandonné à lui-même.

Après l'expérience, le 15 juillet, en dosant l'humidité, on a trouvé :

En sol humide	=	19	p.	100	d'eau.
En sol sec	=	3	—	—	—

Les pots étaient placés dans une serre bien éclairée de tous les côtés pour éviter le phototropisme.

Le 1^{er} juin, les cotylédons étaient sortis de terre depuis deux jours, les téguments n'étaient pas tombés; on a commencé les observations et les prises d'échantillons.

On a éliminé, de la culture, les graines qui étaient en avance ou en retard sur la moyenne, celle-ci étant, du reste, très régulière.

Comme à chaque prise on a marqué les échantillons bien semblables destinés à la prise suivante, il a été possible ainsi, même avec le Lupin, d'obtenir des résultats précis.

Déjà, au 1^{er} juin, l'influence du sol très humide s'était manifestée, car deux échantillons pesaient comparativement :

	En sol sec.	En sol humide.
Racine.....	0 ^{gr} ,125	0 ^{gr} ,192
Axe hypocotylé.....	0 ,122	0 ,285
Cotylédons.....	0 ,628	0 ,675
Tige.....	0 ,015	0 ,019
Total.....	0 ,890	1 ,171

La prise, chaque jour, était faite en double pour annuler

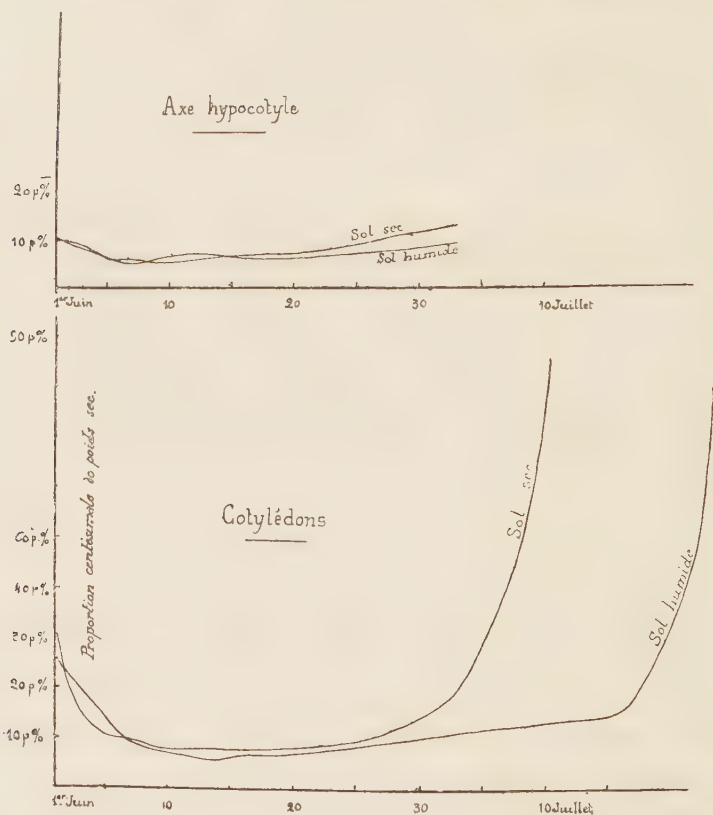


Fig. 4 et 5. — *Lupinus albus*. — Courbes de la proportion centésimale de poids sec dans les cotylédons et dans l'axe hypocotylé.

immédiatement les échantillons qui ne se développaient pas normalement.

Les tableaux pages 90 et 91 donnent les résultats numé-

riques qui ont permis de construire les courbes (fig. 4, 5, 6) relatives au début de la végétation (poids frais, poids sec, proportion centésimale de poids sec).

Axe hypocotylé. — On peut remarquer, par les chiffres cités, pour le poids des plantules au 1^{er} juin, que la différence la plus importante provient de l'axe hypocotylé. C'est, en effet, cet organe qui, de prime abord, est le plus influencé par l'humidité du sol. Sa croissance est accélérée, aussi se termine-t-elle plus tôt en H qu'en S. Le maximum du poids frais arrive du 6 au 8 juin en H et du 9 au 10 en S.

En sol sec l'accroissement est plus lent, dure plus longtemps et arrive presque à un poids égal; il est cependant un peu supérieur en sol humide. La nécessité de produire la germination oblige, comme nous l'avons dit, à humecter suffisamment le sol au début de l'expérience. Ce sol n'est donc pas encore desséché; aussi, la plante n'y souffre pas de la sécheresse proprement dite. Les différences observées n'en doivent pas moins être mises sur le compte des taux d'humidité différents.

Quinze jours après le semis, l'axe hypocotylé a atteint le maximum de son poids. Le poids frais diminue, ensuite remonte un peu, puis reste stationnaire pendant le reste de la végétation; la croissance en longueur de cet organe et son accroissement sont terminés, il subira seulement une légère augmentation en largeur. L'axe hypocotylé ne sera plus qu'un intermédiaire entre la racine et la tige. Notons cependant que, vers la fin de la végétation, après la floraison, la dessiccation de l'axe hypocotylé est rapide en sol sec, et prélude à la mort de la plante. En sol humide, sa dessiccation est plus lente et n'arrive souvent qu'après la chute des feuilles.

Le poids sec de l'axe hypocotylé s'accroît comme son poids frais, il atteint son maximum en même temps que lui, puis reste stationnaire.

Cotylédons. — On sait que les cotylédons perdent à la fois

de la substance sèche par migrations et par transformations chimiques, et en gagnent, en même temps, par l'assimilation (1). La résultante de ces phénomènes est intéressante (fig. 6).

Le poids frais augmente jusqu'à un maximum; pendant cette période les cotylédons s'accroissent en largeur et en



Fig. 6. — *Lupinus albus*. — Début de la végétation. Poids frais des cotylédons et des parties épicotylées.

épaisseur; puis le poids frais diminue, et reste ensuite stationnaire quand l'organe est desséché et prêt à tomber. En sol sec et en sol humide les différences sont importantes.

Le maximum est beaucoup plus élevé en sol humide. Pour des cotylédons charnus et verts comme ceux du Lupin, on peut dire qu'ils subissent une évolution analogue à celle des feuilles.

(1) Jumelle, *loc. cit.*

Leur croissance y dure plus longtemps, les dimensions et le poids sont plus grands.

La dessiccation des cotylédons est plus rapide en S, aussi cessent-ils bientôt d'être utiles à la plante. Si l'on suit l'évolution du poids sec, on voit qu'il diminue régulièrement en S et en H, mais un peu plus vite en S, surtout au début; vingt-cinq jours après le semis (20 juin), leur poids sec est égal dans les deux cas. Ensuite, tandis qu'en S les cotylédons diminuent vite de poids frais, jaunissent et cessent de fonctionner dès le 30 juin, en H au contraire, les cotylédons conservent un poids frais bien supérieur, ne se dessèchent pas, restent verts et turgescents, capables d'assimiler et remplissent absolument le rôle d'une feuille. Cette différence s'explique très bien quand on examine la courbe de la proportion centésimale du poids sec; on voit la vie des cotylédons abrégée en sol sec, par suite de la perte d'eau. Cette courbe, établit en outre cette relation, que l'augmentation du poids frais est due uniquement à l'entrée de l'eau, puisque le poids sec va sans cesse en diminuant. Le minimum, de la diminution de la proportion de poids sec, est atteint deux jours après le maximum du poids frais : le 10 ou 11 en S et le 14 en H.

Dans tous les cas, à ce moment, alors que les cotylédons sont bien vivants dans les deux sols, la différence de la teneur en eau interne est très faible et atteint seulement 1 à 2 p. 100 (fig. 5).

Nous aurons aussi à faire cette remarque pour la tige et les feuilles : Si une plante pousse dans un sol sursaturé, elle ne prend, dans chacun de ses organes, qu'une faible proportion d'eau en plus de ce qu'elle prendrait si elle était dans un sol très sec, à ce stade de sa végétation.

Cela indique combien la transpiration devra être différente dans les deux cas.

Pendant le développement des cotylédons et de l'axe hypocotylé, il n'est pas rare de voir un balancement entre le poids de ces deux organes, de sorte que, si une plante a

TIGE ET FEUILLES.		OBSERVATIONS.							
DATES.	SOL SEC.			SOL HUMIDE.			SUR LA MARCHÉ DE LA VÉGÉTATION.		
	Poids frais.	Poids sec.	Poids sec. 0/0	Eau 0/0	Poids frais.	Poids sec.		Poids sec. 0/0	Eau 0/0
	mmgr.	mmgr.	mmgr.	mmgr.	mmgr.	mmgr.		mmgr.	
1 ^{er} juin.	45	»	»	»	20	»	»	Tégument de la graine fendu et encore adhérent.	
2	40	»	»	»	49	»	»	Tégument tombé.	
3	166	19	44,44	88,56	200	16	91,75	1 feuille, en S et en H.	
7	276	32	44,59	88,41	218	25	88,54	1 feuille.	
9	412	45	16,92	89,08	338	33	90,24	2 feuilles.	
12	630	68	10,79	89,21	665	67	40,07	3 feuilles.	
14	670	68	10,44	89,86	710	63	89,93	3 feuilles.	
16	»	»	»	»	795	74	94,13	4 feuilles.	
19	787	81	10,29	89,71	1310	113	90,7	En S = 4 feuilles. En H = 5 feuilles.	
27	4495	175	11,70	88,30	2635	233	91,38	En S = 6 feuilles. En H = 7 feuilles.	
3 juillet.	4660	294	15,07	84,93	3210	319	91,46	En S = 7 feuilles. En H = 9 feuilles.	
10	1835	»	»	»	4115	»	90,07	En S = 9 feuilles. En H = 42 feuilles.	
17	»	»	»	»	»	»	»		
20	»	»	»	»	»	»	»		
24	»	»	»	»	»	»	»		

les cotylédons peu développés, l'axe hypocotylé est très développé. Ce fait, établi par d'autres auteurs, je l'ai constaté bien des fois. Il existe du reste un autre moyen de le vérifier : il suffit de constater, sur les courbes, l'analogie complète des variations du poids frais et de la proportion centésimale de poids sec (fig. 4, 5, 6) dans ces organes. Du 1^{er} au 15 juin, le poids sec des cotylédons diminue, mais au profit du poids sec de l'axe. Après cette période le sort des deux organes est encore lié intimement, car la proportion de poids sec y est la même pendant deux semaines et plus, jusqu'à la dessiccation des cotylédons.

Partie épicotylée. — Nous avons vu que l'humidité agissait, surtout au début, sur la croissance de l'axe hypocotylé, le fait se vérifie, jusqu'à la fin de cette croissance. Le 12 juin les parties épicotylées sont sensiblement semblables dans les deux sols, car elles pèsent :

En sol sec.....	0 ^{gr} ,630
En sol humide	0 ^{gr} ,665

Quand l'axe hypocotylé a terminé sa croissance intercaulaire, c'est alors sur l'accroissement terminal de la tige que l'humidité du sol exerce son action.

On voit le poids frais et le poids sec différer de plus en plus et les courbes accentuent leur angle de divergence.

Dans cette étude, relative au Lupin, nous avons donc mis en évidence les principaux faits suivants :

1° L'action de l'humidité du sol retentit d'abord sur l'accroissement intercaulaire de l'axe hypocotylé, puis sur l'accroissement terminal de la tige.

2° Les cotylédons s'accroissent plus longtemps en sol humide et atteignent un poids plus élevé.

3° Leur chute est beaucoup plus précoce en sol sec. En sol humide ils continuent plus longtemps à assimiler et ne tombent que tardivement, quelquefois après la floraison ; dans ce cas ils jouent le rôle de feuilles.

Ces faits sont applicables aux autres plantes étudiées. Ces trois conclusions ont été constatées notamment pour

Polygonum Fagopyrum L.

Cannabis sativa L.

Linum usitatissimum L.

L'examen des échantillons, prélevés dans les cultures en pleine terre permet, en effet, de constater l'allongement exagéré de l'axe hypocotylé alors que la tige attend, pour bénéficier de l'action de l'humidité, que l'axe hypocotylé ait terminé sa croissance, ou à peu près. Le fait peut donc être considéré comme général.

Les conclusions relatives aux cotylédons exigeaient des expériences de vérification sur des cotylédons hypogés. Elles ont été faites sur *Pisum sativum*, *Triticum vulgare*, *Faba vulgaris*, *Phaseolus vulgaris* et *Hordeum vulgare*.

Nous relevons seulement quelques chiffres obtenus au moyens du Pois.

Les expériences ont été faites à la fois en pots et en pleine terre.

Expérience en pleine terre (semis le 1^{er} mai).

DATES.	POIDS MOYEN DE DEUX COTYLÉDONS.					
	EN SOL SEC.			EN SOL HUMIDE.		
	Poids frais.	Poids sec.	Poids sec. 0/0	Poids frais.	Poids sec.	Poids sec. 0/0
11 mai	112.5	12.5	10.2	186.8	49	10.4
13 mai	70	11.0	15.7	165	49	11.5
17 mai	55	8.5	15.4	95	41	11.5

Ces chiffres ont été obtenus en prenant la moyenne arithmétique du poids des six cotylédons de trois plantes de chaque sol.

Le tégument de la graine doit être enlevé pour que les

pesées soient exactes relativement à la digestion des réserves. En général, dans les sols secs, il semble y avoir une protection très efficace des réserves par l'enveloppe tégumentaire : celle-ci reste accolée et adhérente beaucoup plus longtemps que dans les sols humides où le tégument tombe de bonne heure, quoique les réserves subsistent plus longtemps.

Ainsi pour le Blé, quinze jours après le semis, le tégument était tombé dans les $\frac{4}{5}$ des échantillons du sol humide et subsistait accolé à l'albumen pour toutes les graines du sol sec. A ce moment cependant, la digestion des réserves était plus avancée en sol sec qu'en sol humide, ainsi que j'ai pu le vérifier par des pesées sur le Blé, l'Orge, l'Avoine. Pour suivre la disparition des réserves, il faut bien entendu tenir compte du tégument; on le pèse quand il tombe, et on retranche ce poids de tous les chiffres obtenus antérieurement; on obtient ainsi une approximation très suffisante.

Il résulte de ce qui précède que les conclusions tirées au moyen de l'étude des cotylédons épigés du Lupin sont applicables aux cotylédons hypogés.

L'action de l'humidité du sol pourrait être appelée influence de la proportion d'eau contenue dans la plante. Cette influence s'exerce sur la cellule vivante et modifie sa biologie; on peut donc dire que l'eau du sol produit des phénomènes qui sont du domaine de la physiologie générale. Cette considération peut sans doute permettre la généralisation des résultats obtenus sur cinq ou six espèces seulement.

2° — CYCLE COMPLET DE LA VÉGÉTATION

Nous allons avoir à considérer successivement les mêmes cas étudiés à propos de la racine : le poids frais, le poids sec et la composition centésimale; nous baserons notre argumentation sur les chiffres que nous a fournis le développement de six plantes, parmi lesquelles nous étudierons spécialement :

Lupinus albus L.
Polygonum Fagopyrum L.
Hordeum vulgare L.
Pisum sativum L.

Ces plantes ont poussé en pleine terre dans les conditions indiquées plus haut, à propos de la végétation de la racine.

1. — Poids frais.

Lupinus albus L. — Afin de ne pas compliquer l'action de l'humidité pendant le développement, par les perturbations de la germination que nous signalons ailleurs, nous rappelons que l'arrosage n'a cessé, en sol sec, qu'au moment où la racine est fixée et repousse les cotylédons à la surface du sol. A partir de ce moment la culture a été abondamment arrosée en sol humide et le sol sec ne l'a pas été.

La partie aérienne, comme la racine, a été peu différente dans les deux sols jusqu'à la floraison. L'accroissement en poids était cependant supérieur en sol humide dès les premiers jours; cet excédent s'est maintenu et légèrement accru, mais assez lentement, en suivant dans les deux cas un mouvement uniforme. Le 10 juin comme l'indique le tableau (page 96) les plantes pesaient :

En sol sec.....	6 ^{gr} ,222
En sol humide.....	8 ^{gr} ,800

Au point de vue des différences on peut dire qu'elles ne sont, ni atténuées, ni augmentées, depuis le début de la végétation, puisque cette partie du tracé de la courbe est une ligne droite. Voyez les chiffres du tableau, page suivante :

Lupinus albus L. (Partie aérienne).

DATES.	NOMBRE de jours de végétation.	PLANTE DE SOL SEC.				PLANTE DE SOL HUMIDE.			
		Poids frais, tige, feuilles, fruits.	Eau p. 100 du poids frais.	Poids sec.	Poids sec p. 100 du poids frais.	Poids frais.	Eau o/o	Poids sec.	Poids sec o/o
		Gr.		Gr.		Gr.		Gr.	
1 ^{er} mai.									
41 —	40	2,150	74,47	0,620	28,83	3,380	75,09	0,832	24,94
43 —	42	2,440	»	»	»	4,458	»	»	»
21 —	20	3,912	83,43	0,660	46,87	5,948	86,34	0,812	43,66
24 —	23	4,440	87,10	0,572	42,90	6,320	85,84	0,895	44,46
28 —	27	5,290	84,64	0,812	45,36	6,908	85,68	0,989	44,32
1 ^{er} juin.	34	6,025	81,64	1,408	48,39	7,350	83,47	1,215	46,53
6 —	36	6,435	82,64	1,067	47,39	8,197	84,06	1,306	45,94
10 —	40	6,222	83,64	1,020	46,39	8,800	84,83	1,335	45,17
16 —	46	9,563	83,43	1,585	46,57	12,050	83,95	1,935	46,05
20 —	50	10,700	82,48	1,865	47,52	17,820	84,04	2,845	45,96
23 —	53	14,435	82,85	1,910	47,45	18,802	85,47	2,914	45,50
30 —	60	11,170	81,12	2,108	48,88	21,250	83,8	3,460	46,20
		(t+fr) (2)	tige.	t + fr.	tige.			(t. + fr.)	tige.
5 juillet.	65	14,155	(1)	»	»	27,625	83,22	»	16,78
8 —	68	14,800	»	»	»	33,220	»	»	»
13 —	73	12,880	»	»	»	43,960	»	»	»
19 —	79	17,920	81,38	3,338	48,62	39,640	78,09	6,533	21,91
					t + fr.				
					23,72	33,260	76,76	5,923	23,24
24 —	84	10,855	76,28	2,375	43,95			3,830	

(1) Certains chiffres du tableau manquent par suite d'un accident survenu à l'éture pendant la dessiccation.

(2) (t + fr) veut dire en tenant compte de la tige portant les fruits; tige veut dire tige sans les fruits.

A partir de la floraison les différences s'accroissent. La vitesse d'accroissement est, en effet, beaucoup plus forte en sol humide, de sorte que le maximum du poids frais, corrélatif du développement d'un plus grand nombre de fleurs, s'élève jusqu'à 43^{gr},960 en sol humide et seulement à 17^{gr},920 en sol sec.

Le rapport est donc environ :

$$\frac{H}{S} = \frac{7}{3}.$$

A propos de ce rapport, il convient de rappeler que le numérateur seul a une valeur absolue à peu près fixe pour la variété de Lupin considérée, sur le sol indiqué et pour une certaine somme de température. Le dénominateur au contraire a un facteur de variation supplémentaire : le nombre de jours humides, soit par l'état hygrométrique, soit par la pluie naturelle, qui du reste a été extrêmement rare ou nulle. Il exprime dans tous les cas l'écart approximatif du rendement en poids frais sur un sol sec et sur le même sol irrigué.

Le maximum de différence correspond au moment où la plante de sol humide atteint son maximum, car le maximum n'est seulement atteint qu'un peu plus tard en sol sec.

Polygonum Fagopyrum L. Ce que nous avons dit du Lupin avant la floraison s'étend au Sarrasin. Dans cette dernière plante la floraison arrive à un moment très variable du développement pour se continuer longtemps. Elle s'est produite le 28 mai en sol humide, et le 5 juin en sol sec. Jusqu'au 10 juin les différences ne sont pas plus accentuées, mais à partir de cette époque, la vitesse de croissance augmente beaucoup plus vite en H qu'en S, en suivant une courbe parabolique qui devient presque parallèle à l'axe des ordonnées du 15 au 20 juillet. A cette date le maximum est atteint dans les deux cas. La plante de sol humide pèse 45 grammes et la plante de sol sec seulement 12 grammes. Le rapport vaut environ :

$$\frac{H}{S} = \frac{11}{3}.$$

Polygonum Fagopyrum L. (Partie aérienne).

DATES.	NOMBRE DE JOURS de végétation.	PLANTE DE SOL SEC.				PLANTE DE SOL HUMIDE.			
		Poids frais.	Poids sec.	Eau 0/0	Poids sec. 0/0	Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0
		Gr. (1)	Gr.			Gr.	Gr.		
11 mai.	10	0,106	0,017	83,98	16,02	0,184	0,023	87,31	12,69
13 —	12	0,149	0,021	85,70	14,30	0,347	0,042	89,68	12,32
17 —	16	0,261	0,031	88,15	11,85	0,440	0,046	88,44	10,56
21 —	20	0,497	0,062	87,40	12,60	0,766	0,090	88,27	11,73
24 —	23	0,451	0,057	87,31	12,69	0,782	0,092	88,20	11,80
28 —	27	0,538	0,070	87,00	13,00	0,830	0,107	87,11	12,89
1 ^{er} juin.	31	1,170	0,158	86,50	13,50	1,550	0,198	87,23	12,77
6 —	36	1,947	0,267	86,27	13,73	2,640	0,339	88,14	12,86
10 —	40	2,781	0,403	85,51	14,49	3,700	0,476	87,11	12,89
13 —	43	3,268	0,506	84,52	15,48	4,453	0,626	85,93	14,07
16 —	46	4,132	0,550	86,69	13,31	6,210	0,915	85,27	14,73
20 —	50	6,301	0,896	55,77	44,23	9,020	1,360	84,93	15,07
23 —	53	5,817	0,940	83,85	16,15	11,500	1,750	84,79	15,21
30 —	60	5,960	»	»	»	1,2760	2,045	83,98	16,02
5 juill.	65	6,660	»	»	»	1,3455	»	»	»
13 —	73	10,765	»	»	»	2,5120	»	»	»
19 —	79	12,050	2,295	80,96	19,04	4,4630	7,595	82,99	17,01
25 —	85	8,207	2,100	74,60	25,40	3,7513	7,310	81,50	18,50

(1) Certains chiffres décimaux supplémentaires, retranchés ici, ont servi au calcul de la proportion centésimale de poids sec et d'eau.

Hordeum vulgare L. (Partie aérienne).

DATES.	NOMBRE DE JOURS de végétation.	PLANTE DE SOL SEC.				PLANTE DE SOL HUMIDE.			
		Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0	Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0
		Gr.	Gr.			Gr.	Gr.		
11 mai.	10	0,228	0,046	79,83	20,17	0,571	0,076	86,85	13,15
13 —	12	0,235	0,047	80,38	19,62	0,577	0,078	86,49	13,51
16 —	15	0,340	0,037	89,12	10,88	0,745	0,065	91,93	8,67
21 —	22	0,601	0,092	84,76	15,24	1,907	0,207	89,12	10,88
24 —	23	0,655	0,105	84,03	15,97	2,400	0,276	88,50	11,50
28 —	27	0,973	0,170	82,50	17,50	3,886	0,369	87,91	12,09
1 ^{er} juin	31	1,719	0,320	81,39	18,61	3,952	0,479	87,88	12,13
3 —	33	1,975	0,395	80,00	20,00	3,880	0,508	86,91	13,09
6 —	36	1,989	0,440	77,88	22,12	3,740	0,578	84,27	15,72
10 —	40	2,105	0,473	77,55	22,45	5,276	0,848	83,93	16,07
16 —	46	2,170	0,580	73,28	26,72	6,534	1,205	81,56	18,44
20 —	50	2,200	0,596	72,90	27,10	6,587	1,517	76,97	23,03
23 —	53	2,360	0,670	71,61	28,39	6,236	1,725	70,34	27,66
27 —	57	3,110	1,100	64,50	35,50	8,272	2,523	69,50	30,50
29 —	59	3,100	1,125	63,71	36,29	8,781	2,947	66,46	33,54
2 juill.	62	3,140	1,670	67,51	32,49	9,230	3,585	61,16	38,84
6 —	66	6,825	2,010	70,55	29,45	10,830	4,470	58,73	41,27
9 —	69	7,015	2,215	68,42	31,58	11,270	4,685	58,43	41,57
13 —	73	7,030	2,370	66,29	33,71	8,500	3,561	58,10	41,90
19 —	79	5,650	2,169	61,60	38,40	8,150	3,530	56,69	43,31
24 —	84	3,421	1,975	42,27	57,73	6,880	3,514	48,91	51,09

Hordeum vulgare L. — Dès le début (fig. 7), le poids frais est supérieur en H et s'accroît à partir du 17 mai avec une vitesse assez grande et très régulière. L'épi sort plus tôt de sa gaine en H qu'en S. Le maximum est atteint le 10 juillet, et la dessiccation rapide s'opère en moins de huit jours. En sol sec, la plante s'accroît plus lentement et d'une

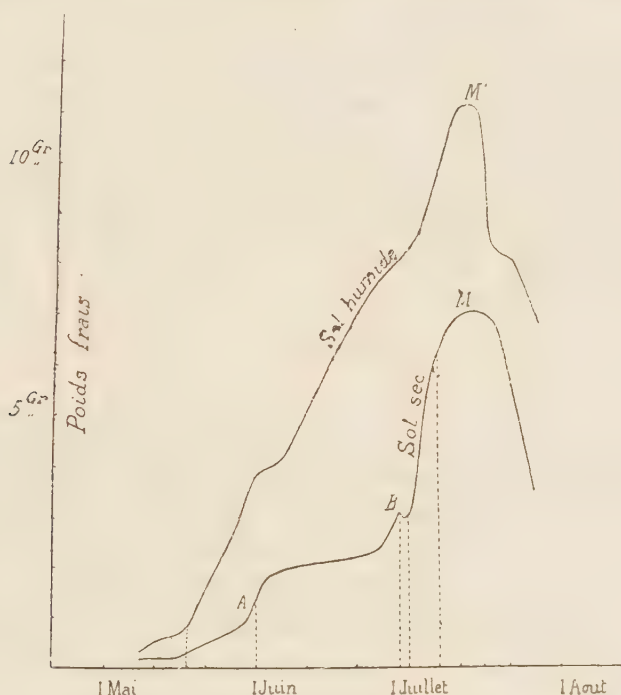


Fig. 7. — *Hordeum vulgare*. Poids frais de la partie aérienne.

façon moins régulière. Du 23 au 30 juin la dessiccation est si rapide que l'accroissement est arrêté. Le maximum de la plante serait donc resté 3^{gr}, 110. A ce moment l'épi était incomplètement dégagé de sa gaine. Afin de mettre en évidence que l'arrêt de développement avait pour cause la diminution exagérée de l'eau interne, le sol sec a été arrosé suffisamment pour imbiber les racines et le sol. L'entrée de l'eau dans la plante a immédiatement diminué la proportion

centésimale du poids sec, et a déterminé un accroissement du poids frais, non seulement par adjonction d'eau, mais aussi en rendant aux fonctions de nutrition leur activité. Le poids sec subit en effet un rapide essor. Pendant l'espace de cinq jours le poids frais a été doublé : Égal à 3^{gr},400 le 29 juin, il dépasse 6 grammes le 5 juillet. Le maximum définitif du poids frais a été atteint le 10 juillet, par le fait de l'arrosage unique du 1^{er} juillet qui correspondait à peu près à un orage d'été de une heure environ. J'ai essayé de raviver à nouveau la végétation par une nouvelle expérience, le 10 juillet, mais il a été impossible d'augmenter encore le poids frais de la plante; celle-ci à cette période du développement, n'avait plus de feuilles vertes susceptibles d'assimiler.

Le rapport des poids maxima 11^{gr},27 en H et 7^{gr},02 en S est donc environ :

$$\frac{H}{S} = \frac{21}{12}.$$

Pisum sativum L. — L'accroissement en poids frais s'accomplit régulièrement dans les deux cas : mais, tandis que la floraison est pour la plante du sol humide une période où la vitesse d'accroissement s'accroît, en sol sec cette période est marquée par un ralentissement très sensible. Ce n'est qu'au moment de la fructification, vers le 13 juin, qu'on voit le poids frais monter vite vers son maximum qui est de 7^{gr},770.

Pisum sativum L. (Partie aérienne).

DATES.	NOMBRE DE JOURS de végétation.	SOL SEC.				SOL HUMIDE.			
		Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0	Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0
11 mai.	10	gr. 1,260	gr. 0,140	88,89	11,11	gr. 1,760	gr. 0,217	87,75	12,35
13 —	12	1,550	0,220	85,81	14,19	1,965	0,252	87,18	12,82
16 —	15	2,252	0,258	86,55	11,45	3,130	0,318	89,83	10,17
21 —	20	2,300	0,380	83,48	16,52	3,460	0,454	86,88	13,12
24 —	23	2,565	0,427	83,34	16,66	3,833	0,566	85,22	14,78
28 —	27	3,550	0,680	80,85	19,15	4,075	0,800	80,37	19,63
1 ^{er} juin.	31	3,625	0,725	80,00	20,00	6,510	1,227	81,16	18,84
6 —	33	3,625	0,735	79,45	20,55	7,490	1,160	84,51	15,49
10 —	36	4,005	0,750	81,28	18,72	8,801	1,304	85,78	14,22
13 —	40	4,375	0,975	77,70	22,30	10,215	2,008	80,35	19,65
16 —	46	7,770	1,900	75,55	24,45	12,060	2,060	82,92	17,08
20 —	50	4,765	1,395	70,73	29,27	15,818	2,811	82,23	17,77
23 —	53	3,985	1,390	65,00	35,00	17,788	3,410	80,83	19,17
27 —	57	3,415	1,316	61,45	38,55	20,050	4,445	77,84	22,16
30 —	60	"	"	"	"	18,115	4,347	77,60	22,40
2 juill.	62	"	"	"	"	18,260	4,005	78,07	21,93
24 —	84	"	"	"	"	12,385	3,890	69,40	30,60

En sol humide, au contraire, la végétation plus active se manifeste par l'apparition de nouvelles fleurs qui toutes fructifient à leur tour. La plante continue à garder des feuilles vertes qui assimilent et prolongent la durée de la végétation. Le maximum qui limite l'apparition des fleurs, arrive du 28 juin au 2 juillet, et la fructification des dernières fleurs se prolonge longtemps avant que se produise la dessiccation lente de la plante.

Le rapport des poids frais est environ :

$$\frac{H}{S} = \frac{3}{2}.$$

— Au point de vue du poids frais, sans préjuger de la valeur absolue de l'optimum, la valeur du rapport $\frac{H}{S}$ indique l'action plus ou moins pernicieuse de la sécheresse sur le développement des différentes espèces.

Toutes les espèces étudiées ayant été placées dans les

mêmes conditions de température et de lumière, on peut comparer les fractions entre elles, et en tirer des conclusions relatives à l'influence de l'eau du sol sur l'accroissement en poids. C'est ainsi que nous avons comparativement pour les quatre plantes précédentes :

<i>Polygonum Fagopyrum</i> L....	H/S = 143/39
<i>Pisum sativum</i> L.....	98/39
<i>Lupinus albus</i> L.....	91/39
<i>Hordeum vulgare</i> L.....	63/39

Le Sarrasin, plante qui réussit cependant bien sur les sols secs, est cependant, comme on le voit, beaucoup plus prospère sur un sol irrigué. Ainsi donc, une plante adaptée à la sécheresse peut néanmoins être très apte à profiter de l'humidité.

2. — Poids sec.

Lupinus albus L. — Le poids sec (fig. 8) est supérieur pendant toute la végétation, mais, de même que pour le poids

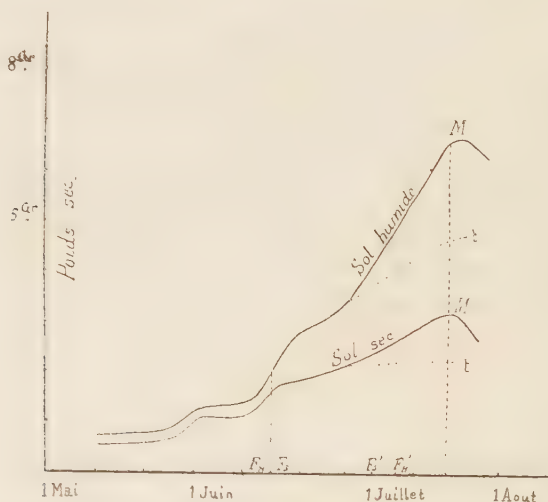


Fig. 8. — *Lupinus albus*. Poids sec de la partie aérienne. — t , t' , courbe tracée en retranchant le poids sec des fruits.

frais, la différence ne s'accroît qu'à partir de la floraison. Après ce moment la vitesse d'accroissement est plus forte en H.

Le maximum de la tige et de ses dépendances (feuilles et fruits) est atteint le 20 juillet dans les deux cas.

Pendant la floraison la plante a donc gagné dans ses parties aériennes :

En sol humide.....	6 ^{sr} ,530 — 1 ^{sr} ,935 = 4,6 ^{sr} 595
En sol sec.....	3 ^{sr} ,338 — 1 ^{sr} ,585 = 1 ^{sr} ,753

Le gain proportionnellement a donc été beaucoup plus important en sol humide puisque le poids a été plus que triplé en H et seulement doublé en S. Si l'on suit, jour par jour, le développement des fruits, on peut, on le retranchant du poids de la tige et des feuilles, voir si ces dernières parties continuent à gagner en poids : on a ainsi une courbe du poids sec indépendante des fruits (fig. 8). Le Lupin est très commode à cet égard, puisqu'on peut compter et enlever un à un les fruits noués au moment de la chute des enveloppes florales. On constate ainsi une différence essentielle entre les plantes des deux sols.

En H l'accroissement du poids sec est tel, que les fruits n'absorbent pas tout ; une partie importante, sensiblement un tiers, est employée à augmenter le poids de la tige et des feuilles. Autrement dit la croissance continue pendant la fructification. Il y a là production de nouveaux organes foliaires, et même de plusieurs fleurs tardives qui, vers la fin, fructifieront aux dépens des dernières feuilles apparues.

La plante de sol sec, au contraire, continue bien entendu à assimiler pendant la fructification, mais ses gains sont complètement employés à gonfler les fruits, de sorte qu'aucun organe nouveau n'apparaît plus.

Au point de vue des différences externes il résulte que, avant la floraison, les deux plantes sont presque semblables, la plante S étant pourtant de plus petites dimensions. Elles sont, au contraire, très différentes d'aspect après la fructification. La plante, en H, est surmontée d'un bouquet de feuilles récemment apparues et la tige est plus haute (voyez planche 2).

Le rapport des deux maxima est $\frac{H}{S}=2$. Ce rapport est inférieur à celui des poids frais.

Polygonum Fagopyrum L. — La courbe du poids sec du Sarrasin n'offre rien de particulier. Les différences, très sensibles au début relativement, n'augmentent pas jusqu'à 10 jours après la floraison. Comme pendant ce temps les plantes se développent, la différence est plus faible qu'au début eu égard au poids de chaque plante.

Exemple :

	Poids de la plante.		Différence.	Rapport du poids de la plante de sol sec à la différence.
	En sol sec.	En sol humide.		
Le 11 mai.....	0 ^{gr} ,106	0 ^{gr} ,184	0 ^{gr} ,078	1,35
Le 10 juin.....	2 ^{gr} ,781	3 ^{gr} ,780	0 ^{gr} ,919	3,02

Cette remarque explique un certain nombre de faits relatifs aux différences de morphologie externe.

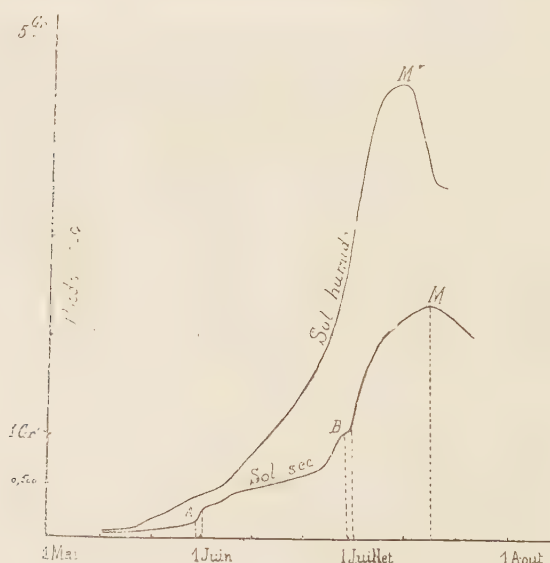


Fig. 9. — *Hordeum vulgare*. — Poids sec de la partie aérienne.

Hordeum vulgare L. — Si les sols secs étaient restés tels,

le poids sec de l'Orge ne se serait plus accru à partir du 1^{er} juillet, de sorte que la fructification était compromise. Grâce à l'arrosage du 1^{er} juillet nous avons vu le poids frais augmenter. Il en est de même du poids sec (fig. 9). De 1^{er}, 100 il est monté à 2^{er}, 370, ce qui indique une grande activité dans l'assimilation des feuilles.

Le rapport des deux maxima a été $\frac{H}{S} = \frac{2}{1}$, rapport plus grand que celui des poids frais.

Ce fait spécial contraire à celui que nous avons trouvé pour le Lupin s'explique de la façon suivante : en rendant au sol une certaine humidité, on fait entrer dans la plante une telle quantité d'eau que la proportion centésimale d'eau passe de 63,71 p. 100 à 70,55 p. 100.

C'est cette perturbation qui fait que le rapport des poids frais, pour l'Orge, au 8 ou au 10 juillet n'est pas comparable au rapport établi pour le Lupin.

Pisum sativum L. — L'accroissement du poids sec est régulier et se continue, comme l'accroissement du poids frais, beaucoup plus longtemps en H qu'en S.

En sol sec la fructification est le signal d'une augmentation de poids sec, de sorte que celui-ci est doublé pendant cette période qui cependant est courte.

Comme cette accélération dans l'accroissement est corrélative de la dessiccation rapide de la plante, la courbe est ainsi très redressée vers l'axe des ordonnées, et se rapproche de la courbe de sol humide. Aussi, à la fin de la fructification, les différences entre les deux plantes sont-elles très atténuées momentanément.

3. — Proportion centésimale d'eau et de poids sec.

Lupinus albus L. — La proportion d'eau (fig. 10), supérieure au début en sol humide, subit une augmentation rapide qui atteint le 21 mai 86,34 p. 100 pour 13,66 de poids sec ; puis la courbe de la proportion du poids sec remonte du

21 mai au 1^{er} juin, pour rester à peu près stationnaire jusqu'au milieu de la période de floraison. Il y a alors un léger affaiblissement qui se manifeste d'ailleurs plus nettement dans la racine.

En sol sec, la proportion centésimale d'eau est moindre d'abord. La proportion de poids sec diminue, mais un peu plus tard qu'en sol humide, et descend aussi bas sinon da-

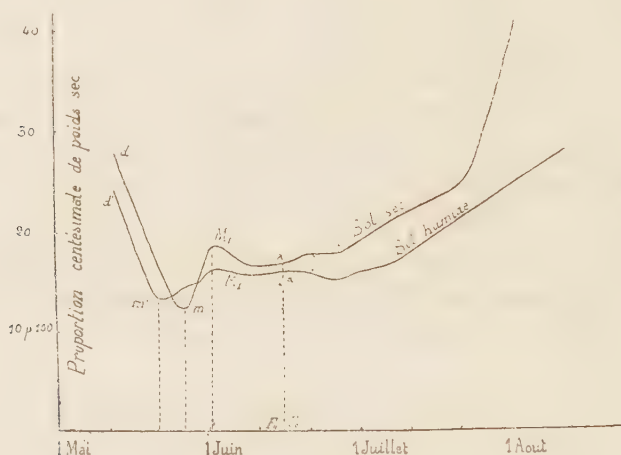


Fig. 10. — *Lupinus albus*. — Proportion centésimale du poids sec par rapport au poids frais, dans la partie aérienne.

avantage. Le croisement des courbes n'a ici pour simple motif qu'un retard dans l'apparition du minimum (*m*). Bientôt la proportion de poids sec est plus forte en sol sec et augmente très rapidement après la fructification, tandis qu'en H la dessiccation est très lente.

Polygonum Fagopyrum L. — La proportion d'eau est pendant toute la végétation de 1 à 3 p. 100 plus faible en sol sec. A l'époque du minimum normal de poids sec (17 mai) la plante de sol sec garde 1 p. 100 environ de poids sec en plus. Le contenu en eau est de 88,15 en sol sec et de 89,44 en sol humide. Au moment (20 juin) de la fructification des fleurs épanouies dans la première période de la floraison,

il y a pour la plante de sol humide production d'une ramification nouvelle, et apparition de nouvelles fleurs. Comme le poids sec augmente rapidement à ce moment, on ne constate pas à nouveau la diminution de la proportion centésimale du poids sec qui est très sensible en sol sec. En ce moment le contenu proportionnel en eau est donc à peu près le même dans les deux cas. Peu après, la différence se rétablit et la plante de sol sec garde 2 p. 100 de poids sec en plus, jusqu'au moment de sa rapide et précoce dessiccation. Celle-ci commence le 20 juillet, aussitôt après l'apparition du maximum du poids frais et du poids sec.

Hordeum vulgare L. — La proportion centésimale du poids sec (fig. 11) est beaucoup plus forte au début en sol sec, 20 p. 100 ; contre 13,15 en H. Au moment du minimum, la différence est moindre parce que la perte est plus forte en S.

On voit ensuite la proportion de poids sec augmenter dans les plantes des deux sols en restant inférieure de 4 p. 100 environ en H.

Le 1^{er} juillet, l'accroissement du poids sec s'arrête à cause de la dessiccation interne. On voit, en effet, l'eau diminuer du 23 juin au 29, de 71, 61 p. 100 à 63,71 p. 100. Pendant les jours qui suivent l'arrosage (1-3 juillet), l'eau rentre en abondance dans la plante et fait tomber le taux du poids sec de 36,29 à 29,45. Comme la substance sèche est restée non pas stationnaire mais cependant faible pendant cette courte période, c'est l'arrivée de l'eau qui en introduisant cette perturbation permet à l'assimilation d'augmenter la substance sèche. Quand on examine ce qui arrive comparative-ment en H, on s'aperçoit que la proportion de poids sec va en augmentant rapidement au-dessus de 36,29 p. 100, mais sans empêcher le poids sec d'augmenter. De sorte que le maximum du poids sec arrive en M' (8-10 juillet), alors que le contenu en eau n'est plus que 58,43 p. 100 pour 41,57 de poids sec.

En apparence, on peut, de prime abord, trouver une contradiction entre les deux faits suivants :

1° En sol sec la croissance en poids sec cesse une première fois quand il y a encore 63,71 p. 100 d'eau, et une deuxième fois avec 66,29 p. 100 ;

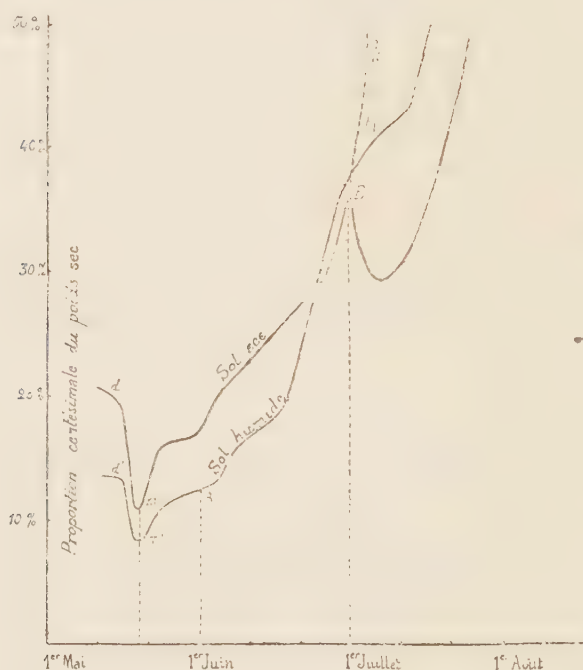


Fig. 11. — *Hordeum vulgare*. — Proportion centésimale du poids sec par rapport au poids frais. — *k*, courbe indiquant la dessiccation qui se serait produite sans l'arrosage du 1^{er} juillet. La plante de sol humide commence à se dessécher avant la plante de sol sec. La végétation, en H, est en effet plus hâtive, mais la dessiccation est plus lente.

2° Au contraire en sol humide l'assimilation se continue jusqu'à un moment où il n'y a plus que 58,43 p. 100 d'eau.

La contradiction n'est qu'apparente. Le chiffre obtenu en desséchant une plante à 110° vers la fin de la végétation comprend, en effet, des éléments variés, qui sont :

a. L'eau des organes qui viennent seulement de terminer leur croissance ou sont encore en voie de croissance

b. L'eau des organes qui depuis longtemps ont cessé de croître.

Les diverses ramifications d'une plante renferment en général une proportion d'eau qui n'est pas la même dans la tige principale et les feuilles à la même époque.

La courbe générale doit exprimer à chaque instant la somme intégrale du contenu en eau qui est variable suivant les parties.

Ce qui fait que cette somme est faible dans la première partie du développement, c'est qu'à cette époque il n'y a pas encore de parties qui ont cessé leur croissance.

Or, ce minimum coïncide, à peu près, avec la chute des cotylédons et l'arrêt du développement de l'axe hypocotylé. La proportion de poids sec va ensuite en s'élevant de plus en plus. C'est qu'à partir de ce moment certaines parties arrivent successivement à leur limite de croissance. L'axe hypocotylé est la première région qui cesse de croître, puis c'est le premier entre-nœud, puis le second, etc...

Pour que cette explication soit absolument démontrée, il faut simplement prouver que les organes jeunes sont plus aqueux que les tissus qui ont atteint la limite de leur croissance.

A cet effet j'ai cherché le contenu en eau de feuilles d'une même plante à divers âges et j'ai obtenu des résultats qui sont conformes à des expériences faites par d'autres auteurs, et notamment par von Höhnelt. La quantité d'eau contenue dans les feuilles des plantes herbacées est variable suivant la phase de leur développement. Cette quantité d'eau atteint un premier maximum pendant la première partie de leur développement, puis diminue jusqu'à un minimum coïncidant avec le développement moyen des feuilles.

Ainsi, cette conclusion explique, non seulement le fait cité plus haut relativement à la tige et à ses ramifications, mais explique aussi la différence signalée pour l'Orge du sol sec et l'Orge du sol humide.

Si l'assimilation se continue alors que le contenu est de

58,43 p. 100 dans la plante H, c'est que le calcul de ce chiffre ne donne qu'une *moyenne*, intéressante au point de vue absolu, à certains égards, mais qui n'indique pas combien il y a de régions qui ont moins de 58 p. 100 d'eau et combien il y en a d'autres qui en ont plus de 58 p. 100.

Le chiffre de 66,29 p. 100 étant une moyenne résultant d'éléments variables, il suffit de supposer, et c'est véritablement plus qu'une hypothèse, que dans le calcul de la moyenne dans les deux cas (H et S), les deux éléments (*a* et *b*) qui y entrent sont en nombre différent.

Nous ne devons donc attacher aucune importance à cette variation apparente dans le moment où l'assimilation cesse par suite de la dessiccation. Ce fait se retrouve pour les autres plantes étudiées ainsi qu'on peut le constater dans les tableaux de ce mémoire.

Le contenu en eau au moment du maximum du poids sec a été en effet :

	Sol sec.	Sol humide.
<i>Pisum sativum</i> L.....	75.55	77.84
<i>Polygonum Fagopyrum</i> L.....	80.96	82.99
<i>Lupinus albus</i> L.....	81.38	83.53
<i>Hordeum vulgare</i> L.....	66.29	58.43

Pisum sativum. — La teneur en eau de la plante S diminue assez uniformément depuis le minimum de poids sec. Dans le sol humide, les phénomènes floraux se produisant très irrégulièrement, on trouve des résultats très variés suivant les échantillons pris le même jour, mais portant des fleurs et des fruits en nombre variable.

Dans tous les cas, la diminution d'eau interne est rapide en S, et très lente en H où le développement se prolonge longtemps après.

Les irrégularités de la courbe ne permettent pas de tirer d'autres conclusions.

Cependant on peut dire que, comme pour les autres plantes, à un certain stade du développement la teneur en eau

est plus forte en H. Au début cette différence existe déjà, mais tend à diminuer vers le maximum du contenu centésimal en eau ; c'est-à-dire, vers le minimum de la proportion centésimale de poids sec.

C'est du reste un fait qui paraît assez général. Si on appelle, pour la plante de sol sec, d la valeur de la proportion centésimale du poids sec au début de la végétation, m cette même valeur au moment du minimum ; d' et m' les chiffres correspondants pour la plante de sol humide ; pour le Lupin, le Sarrasin, l'Orge, comme pour le Pois, on a toujours

$$(d - m) > (d' - m'), \quad (d - d') > (m - m').$$

Le tableau suivant met le fait en évidence.

ESPÈCES VÉGÉTALES.	PLANTE DE SOL SEC.						PLANTE DE SOL HUMIDE.						d	m	m—n
	DÉBUT de la végétation (1 ^{er} jour).		MINIMUM de la proportion centésimale du poids frais.		AU MOMENT du maximum du poids frais.		DÉBUT de la végétation (10 ^e jour).		MINIMUM de la proportion centésimale du poids sec.		AU MOMENT du maximum du poids frais.				
	Eau p. 100.	Poids sec p. 100.	Eau p. 100.	Poids sec p. 100.	Eau p. 100.	Poids sec p. 100.	Eau p. 100.	Poids sec p. 100.	Eau p. 100.	Poids sec p. 100.	Eau p. 100.	Poids sec p. 100.			
<i>Lupinus albus</i> L.....	74,17	28,83	87,40	42,90	75,55	24,45	45,93	3,92	75,09	24,91	86,34	43,66	78,09	21,91	11,25 - 0,76
<i>Polygonum fagopyrum</i> L.	83,98	46,02	88,45	44,85	89,96	49,04	4,17	3,33	87,34	42,69	89,44	40,56	82,99	47,01	2,13 4,29
<i>Hordeum vulgare</i> L.....	79,83	20,17	89,12	40,88	66,29	33,71	9,29	7,02	86,85	43,45	91,93	8,67	58,43	41,57	4 48 2,21
<i>Pisum sativum</i> L.....	85,81	44,19	88,55	44,45	65,00	35,00	2,74	1,37	87,18	42,82	89,83	40,17	77,84	22,16	2,65 4,28
<i>Cannabis sativa</i> L.....	77,41	22,89	85,46	44,81	"	"	8,05	2,69	79,80	20,20	86,94	43,06	"	"	7,13 1,78

III. — DÉVELOPPEMENT COMPARÉ DE LA TIGE
ET DE LA RACINE.

Le développement de la racine comme celui de la tige et des feuilles s'opère suivant une loi régulière. Il est donc intéressant de faire le rapport du poids de ces deux organes à chaque instant du développement ; on se rendra ainsi un compte plus exact de l'importance de chaque organe vis-à-vis de l'autre.

Le rapport $\frac{T}{R}$ du poids de la partie aérienne au poids de la racine, peut être fait au moyen des chiffres du poids frais ou avec ceux du poids sec.

Valéur du rapport $\frac{T}{R}$ (*Lupinus albus*).

DATES.	NOMBRE DE JOURS de végétation.	VALEUR DU RAPPORT $\frac{T}{R}$ Poids frais.		VALEUR DU RAPPORT $\frac{T}{R}$ Poids sec.	
		Sol sec.	Sol humide.	Sol sec.	Sol humide.
1 ^{er} mai.					
11 —	10 jours.	9,34	8,77	14,76	13,86
13 —	12 —	5,03	8,88	6,53	„
21 —	20 —	5,34	6,57	„	5,92
24 —	23 —	4,98	6,22	4,80	„
28 —	27 —	5,65	„	6,76	6,63
1 ^{er} juin	31 —	4,97	6,00	7,53	7,78
6 —	36 —	4,51	6,63	„	9,60
10 —	40 —	4,37	6,87	6,75	6,95
16 —	46 —	M ₁ 6,37	9,67	9,05	8,75
20 —	50 —	m. 10,75	12,77 M ₁	10,91	11,85
23 —	53 —	10,91	15,66 m.	12,99	16,18
30 —	60 —	10,24	13,79	7,53	11,65
5 juillet	65 —	M ₂ 7,10	14,89	„	„
8 —	68 —	8,03	17,34	„	„
13 —	73 —	10,10	20,54 M	„	„
19 —	79 —	18,37	18,74	9,81	9,60
24 —	84 —	18,24	18,00	7,80	9,25
	Récolte.				

En dressant les quatre courbes qui résultent des chiffres

obtenus, on constate immédiatement que le rapport $\frac{T}{R}$ varie suivant une loi très régulière dans les quatre cas et présente à peu près les mêmes particularités avec le poids frais qu'avec le poids sec.

Valeur de $\frac{T}{R}$ (poids frais) :

1. *Forme générale de la courbe.* — La valeur de ce rapport étant fonction des deux variables T et R qui tantôt sont indépendantes tantôt ne le sont pas (1), il est naturel de rechercher dans la valeur $\frac{T}{R}$ les perturbations importantes qui affectent synchroniquement les deux organes : la tige avec ses dépendances, et la racine. Ces perturbations nous sont données par les courbes déjà étudiées précédemment.

Un fait important à remarquer c'est que jusqu'à la floraison la courbe $\frac{T}{R}$ a sensiblement (fig. 12) la même forme que celle du poids sec centésimal de la racine.

1° Il y a dans les deux cas inflexion considérable de la courbe du 1^{er} au 10 juin, période où le poids frais et le poids sec montent dans toutes les courbes.

Pendant cette période, puisque $\frac{T}{R}$ diminue, c'est que T diminue ou que R augmente, ou les deux à la fois ; ou bien que T et R diminuent ou augmentent en même temps, mais dans des proportions différentes.

Or, nous venons de dire que les courbes des poids frais et poids sec montent très régulièrement pour T et pour R, c'est donc la dernière hypothèse qui est seule possible et exacte.

La racine s'accroît donc à ce moment beaucoup plus vite

(1) Ces variables ne sont pas indépendantes quand l'une perd de son poids au profit de l'autre. Il en est ainsi, par exemple, au moment de la floraison où la racine cède à la tige une très grande quantité d'eau, même si le sol ne peut pas combler ce déficit.

que la tige : si on schématise légèrement la courbe des poids frais (tige et racine) et si on y trace la tangente au point qui correspond au 5 juin par exemple, on se rendra compte en effet que cette tangente fait avec la ligne des abscisses un angle aigu, α pour la racine et α' pour la tige, et qu'on a $\alpha > \alpha'$.

2° A la suite de cette diminution considérable du rapport $\frac{T}{R}$ on constate une rapide et très importante augmentation qui atteint son maximum le 25 juin.

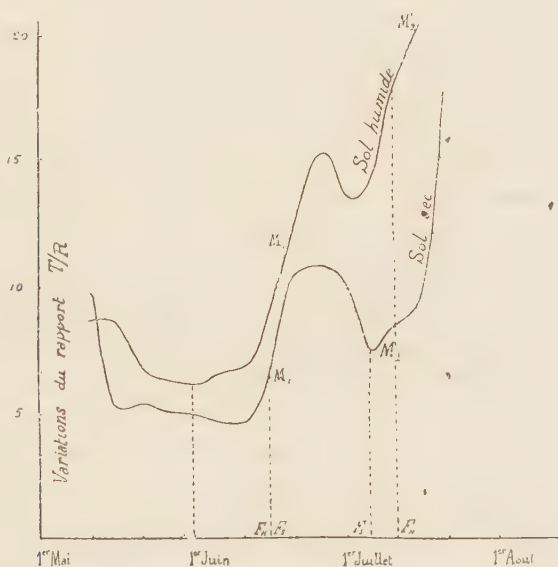


Fig. 12. — *Lupinus albus*. Variations, pendant la végétation, du rapport $\frac{T}{R}$ du poids frais de la partie aérienne au poids frais de la racine.

Deux causes concourent à la fois à faire monter le rapport $\frac{T}{R}$: La racine subit un affaiblissement considérable au profit de la tige qui à ce moment s'accroît avec rapidité. Si l'on compare en effet au 25 juin, vues de la ligne des abscisses, les courbes des poids frais de la racine et de la tige ; on constate une concavité très accentuée pour la courbe de la tige

et une convexité plus accentuée encore pour la courbe de la racine.

3° A cette augmentation succède une diminution qui cette fois est encore due comme dans le premier cas à une inégalité d'accroissement. Cette période (30 juin-5 juillet) coïncide d'une part avec un ralentissement dans la vitesse de croissance de la tige (la courbe est presque horizontale à ce moment), et d'autre part avec un accroissement rapide de la racine.

4° L'accroissement ultra-rapide de la tige et le ralentissement de l'accroissement de la racine contribuent ensuite à faire augmenter le rapport $\frac{T}{R}$ dans de grandes proportions.

Comparaison du rapport $\frac{T}{R}$ en sol sec et en sol humide. —

L'étude générale des variations du rapport $\frac{T}{R}$ qui jusqu'ici n'avait pas été faite, va nous permettre de nous expliquer les différences observées dans les deux cas de grande sécheresse et de grande humidité. Au début de la végétation, vers le sixième jour, après le gonflement complet, la racicule est plus développée en sol humide; comme à ce moment la partie aérienne est peu importante, on a $\frac{T}{R}$ plus petit en sol humide. Puis la tige s'accroît, et par suite annule la différence signalée; de sorte que le rapport est égal dans les deux cas.

L'accroissement de la tige étant plus rapide en sol humide et se capitalisant comme nous l'avons déjà dit, la différence augmente rapidement entre les deux plantes. Du 10 au 15 mai on voit le rapport tomber de 9 à 5. Ce fait s'explique très facilement: la racine s'accroît et la tige reste à peu près stationnaire. En sol humide au contraire le rapport ne diminue que lentement puisque la tige s'accroît relativement assez vite. Il y a donc dès maintenant une prédominance de la racine par rapport à la tige, en sol sec: jusqu'à la fin de la végétation on pourra ainsi constater que la racine est propor-

tionnellement à la tige plus forte en sol sec qu'en sol humide.

Au moment de la floraison toutes les courbes se rapprochent, poids frais, poids sec, valeur centésimale du poids sec. C'est aussi le moment où le rapport $\frac{T}{R}$, poids frais et poids sec, est peu différent en sol sec et en sol humide. A cette époque le rapport est sensiblement le même dans les quatre cas. Il change chaque jour dans tous les cas, mais à peu près de la même façon, et passe ainsi de 6 à 11 environ.

	$\frac{T}{R}$ POIDS FRAIS.		$\frac{T}{R}$ POIDS SEC.	
	Sol sec.	Sol humide.	Sol sec.	Sol humide.
Le 10 juin.....	4,37	6,87	6,75	6,95
Le 16 —	6,37	9,67	9,05	8,75
Le 20 —	1,075	12,77	10,91	11,85

Ce rapport reste cependant un peu inférieur en sol sec surtout celui du poids frais. Les différences s'accusent ensuite rapidement par suite des conditions différentes dans lesquelles se trouvent les plantes. En sol sec l'accroissement de la racine est très limité, et cesse brusquement (5 juillet), tandis qu'en elle continue son développement jusqu'au 15 juillet en gagnant $\frac{1}{3}$ de poids en plus de ce qu'elle était. D'autre part, la tige vit en partie aux dépens de la racine du 5 au 20 juillet, de sorte que ce qui diminue R augmente T. Ensuite vient la période de la dessiccation, plus ou moins rapide et plus ou moins complète. Il y a donc là des perturbations qui interdisent de comparer la valeur du rapport à une même date donnée comme le 13 juillet par exemple qui correspond au maximum M_2 de la tige et de la racine.

Ce qui est comparable ce sera le rapport en sol sec et en sol humide, par exemple deux mois après la récolte, faite une fois la végétation terminée ; les plantes auront pris alors une composition en eau à peu près stable.

Dans tous les cas, si l'on compare l'importance de la racine et de la tige au moment du maximum de poids frais, on voit

que, pour toutes les plantes à peu près, $\frac{T}{R}$ est beaucoup plus grand en sol humide, ce qui s'explique quand on constate que la tige avec ses dépendances (feuilles et fruits) accumule la plupart des matériaux disponibles à la fin de la végétation. En sol sec, au contraire, la tige appauvrit beaucoup moins la racine, puisqu'elle ne produit que peu de fruits par suite le rapport $\frac{T}{R}$ est beaucoup plus grand en sol humide. C'est à ce stade que les différences à cet égard sont les plus grandes entre les plantes des deux sols :

Le 5 juillet en sol sec.....	$\frac{T}{R} = 7.10$
Le 13 juillet en sol humide.....	$\frac{T}{R} = 20.54$

C'est du reste un fait assez général que les plantes les plus vigoureuses d'un champ donnent toujours un rapport $\frac{T}{R}$ plus grand. J'ai vérifié ce fait pour *Carthamus tinctorius*, *Brassica Napus oleifera*, *Datura Stramonium*, etc. J'ai trouvé cependant, pour *Cannabis sativa*, une exception, qui ne contredit pas la règle générale, quand on remarque l'extrême irrégularité de végétation de cette plante.

Valeur de $\frac{T}{R}$ (poids sec) :

Forme générale de la courbe et comparaison du rapport en sol sec et en sol humide. — La courbe est sensiblement la même que celle du poids frais, sauf deux nuances accentuées.

Au moment de la première diminution du rapport il y a un relèvement momentané de la courbe (1^{er} au 5 juin) suivi d'une rechute. Cette augmentation paraît être due à l'épanouissement rapide de plusieurs feuilles qui font augmenter assez vite le poids sec.

Par la suite, cette courbe a sensiblement la même allure

que celle du poids frais, aussi bien en sol sec qu'en sol humide.

Comparaison du poids final de la tige et de la racine. — On a laissé se dessécher à l'air libre les plantes récoltées; elles ont ainsi perdu la majeure partie de l'eau, et en ont cependant gardé une certaine quantité qui est un peu supérieure en sol humide.

Afin de pouvoir généraliser nos résultats nous avons fait le calcul $\frac{T}{R}$ non seulement pour les échantillons normaux, moyens, mais aussi, quand cela était possible, pour les échantillons les plus petits qui dans toute culture arrivent à germer sous le couvert des échantillons plus grands. Parfois aussi nous avons obtenu un ou deux échantillons qui accidentellement prenaient des dimensions très grandes. Comme on en peut juger par le tableau suivant, dans tous les cas les résultats sont dans le même sens.

Rapport du poids de la racine au poids de la tige (1).

PLANTES	NATURE du sol.	GRANDEUR des échantillons.	T R	MOYENNES	R T	MOYENNES	POIDS MOYEN d'une tige.	POIDS MOYEN d'une racine.
							gr.	gr.
Chanvre (<i>Cannabis sa- tiva</i> L.).	Sec.	Grands.	5,76	5,95	0,175	0,170	49,000	85,00
		Moyens.	6,95		0,143		7,790	11,20
		Petits.	5,15		0,194		0,200	02,00
	Hum.	Grands.	7,72	9,91	0,129	0,105	121,000	15,650
		Moyens.	12,88		0,077		23,000	1,785
		Petits.	9,14		0,109		4,180	0,457
Lin (<i>Linum usita- tissimum</i> L.).	Sec.	Moyens.	6,60	6,60	0,151	0,151	0,185	0,028
	Hum.	Moyens.	7,00	7,00	0,142	0,142	0,378	0,054
Topinambour (<i>Helianthus tu- berosus</i> L.).	Sec.	Grands.	2,100	2,050	0,476	0,483	41,400	19,710
		Moyens.	2,000		0,500		32,200	16,100
	Hum.	Grands.	3,010	2,815	0,332	0,361	102,200	33,950
		Moyens.	2,621		0,391		97,130	27,050
Colza (<i>Brassica Napus oleifera</i> L.).	Sec.	Grands.	6,66	4,79	0,149	0,222	,385	0,807
		Moyens.	3,79		0,263		,365	0,360
		Petits.	3,92		0,254		0,990	0,252
	Hum.	Grands.	5,22	5,96	0,191	0,170	3,975	0,760
		Moyens.	5,51		0,181		2,910	0,528
		Petits.	7,18		0,139		0,790	0,110
Carthame (<i>Carthamus tinctorius</i> L.).	Tige (2)	P.	3,40	3,07	0,294	0,328	0,255	0,075
		P.	3,21		0,310		0,222	0,069
		Gr.	2,60		0,384		2,070	0,795
	Sec.	Complel avec capitules	P.	10,33	0,111	0,098	0,620	0,069
		Gr.	11,68		0,085		9,290	0,795
	Hum.	P.	4,17	4,60	0,239	0,218	0,355	0,085
		P.	4,44		0,225		0,302	0,068
		Gr.	5,20		0,192		6,500	1,520
	Complel.	P.	9,23	14,25	0,108	0,84	0,628	0,068
		Gr.	19,28		0,060		24,100	1,250
Datura (<i>Datura Stra- monium</i> L.).	Sec.	Tige.	P.	5,44	0,230	0,192	4,165	0,960
		Gr.	6,56		0,153			2,795
	Hum.	Tige.	P.	5,51	0,212	0,185	2,773	0,590
		Gr.	6,32		0,158			5,455

(1) Après la dessiccation à l'air libre.

(2) Tige, veut dire que le rapport $\frac{T}{R}$ a été obtenu en comptant, pour la valeur de la partie aérienne, le poids seul de la tige sans les feuilles et les capitules floraux. Ces derniers représentent à eux seuls, comme on peut le voir dans le tableau, plus de deux fois le vrai poids de la tige. Les signes P. et Gr., veulent dire petits et grands échantillons.

Enfin, si l'on compare entre elles les tiges et les racines des plantes qui ont poussé dans les deux sols, on obtient des résultats analogues à ceux que viennent de révéler les tableaux précédents :

PLANTES.	$\frac{T_H}{T_S}$ moyennes.	$\frac{R_H}{R_S}$ moyennes.
<i>Cannabis sativa</i> L.....	2,70	1,71
<i>Linum usitatissimum</i> L.....	2,04	1,93
<i>Helianthus tuberosus</i> L.....	3,01	2,30
<i>Brassica Napus oleifera</i> L.....	2,43	1,46
<i>Carthamus tinctorius</i> L.....	3,14	1,57

Les conclusions qu'on peut dégager des tableaux sont les suivantes :

1. L'humidité du sol favorise d'une façon générale le développement de la plante.

- a. Dans ses parties aériennes;
- b. Dans ses parties souterraines.

2. Son influence est beaucoup plus forte sur la partie aérienne.

3. Le résultat est donc que pour deux tiges de même poids, la racine est plus développée en sol sec.

Cette dernière conclusion était établie par l'observation simple, et divers auteurs (1) l'avaient déjà signalée; mais la méthode expérimentale n'a pas seulement vérifié les données générales de l'observation : elle a permis de suivre pas à pas pendant tout le développement les variations du rapport $\frac{T}{R}$.

Ce rapport n'avait jamais été soumis à la discussion analytique par les auteurs qui avaient constaté sa variabilité. Nous avons montré qu'il subit le contre-coup de la vitesse de

(1) Grisebach, *La végétation du globe*.

croissance à chaque instant du développement. Comme cette croissance de la tige et de la racine est soumise à des lois régulières, il faut donc admettre ce fait intéressant que le rapport $\frac{T}{R}$ subit aussi une variation régulière qui caractérise aussi l'évolution des plantes.

Quelques perturbations peuvent modifier la courbe générale; nous avons déterminé ainsi l'importance d'un sol très sec et d'un sol très humide.

Comparativement : 1° le rapport $\frac{T}{R}$ est toujours plus grand en sol humide, sauf au début du développement; 2° il y a au moment de la floraison un minimum de différence; 3° le maximum se produit au moment du poids frais maximum de la tige.

C'est un fait banal que les plantes des pays très secs ont souvent une racine énorme comparativement au poids et à la hauteur de la partie aérienne.

Au cours d'une mission scientifique (1) en Algérie et en Tunisie, nous avons comparé les racines d'un certain nombre d'espèces algériennes ou franco-algériennes, les unes croissant à la sécheresse, les autres à l'humidité.

Les espèces observées ont toujours présenté des racines plus développées en sol sec.

Est-il besoin de rappeler que certaines plantes désertiques ont des racines non seulement très profondes, mais encore d'un poids qui est quelquefois égal à plusieurs milliers de fois celui de la partie aérienne.

Devant les résultats de l'expérience, il est permis de conclure qu'il s'agit bien là d'un caractère d'adaptation qui a dû se transmettre héréditairement et qui peut s'être exagéré par la sélection naturelle.

(1) Edmond Gain, *Rapport de Mission scientifique du Ministère de l'Instruction publique et de l'École des Hautes études*, 1893. *Nouvelles archives des missions*, 1895. *La végétation du désert*. Librairie illustrée, 1894.

En effet, plus le rapport $\frac{T}{R}$ diminue, moins les variations du milieu aérien doivent retentir sur la racine. C'est la racine qui est la partie majeure du végétal : dans les cas extrêmes la tige n'en est plus qu'une dépendance destinée seulement à la propagation de l'espèce.

IV. — DÉVELOPPEMENT DE LA PLANTE ENTIÈRE.

Toutes les plantes que nous avons étudiées séparément pour la tige et les feuilles donnent des indications tout à fait comparables à celles qu'auraient données les plantes entières. Nous croyons devoir cependant établir la comparaison à l'aide d'une autre plante qui est des plus propices à cette étude. Il est nécessaire, en effet, d'opérer sur une plante dont la racine est pivotante, peu développée et dépourvue de ramifications importantes dont l'extraction du sol serait trop laborieuse et peu certaine. Il faut en outre une plante à développement bien régulier, ayant le moins possible de ramifications dont le nombre, toujours variable, peut apporter des incertitudes. Il faut enfin et surtout que la plante adulte soit assez réduite et peu pesante pour être introduite sur une balance de précision. Les pesées seront ainsi d'une grande exactitude, et pourront donner une approximation d'autant plus grande que, vers le début du développement, on pourra prendre un chiffre moyen quotidien calculé sur un grand nombre d'exemplaires.

Le Lin répond à tous ces desiderata et peut être recommandé pour des études analogues concernant le développement en poids. Cette plante ne perd pas de feuilles pendant une bonne partie de sa végétation, et, dans tous les cas, on dispose d'une correction facile et rigoureuse, puisqu'on peut commodément compter celles qui manquent et les remplacer avec soin pour corriger la pesée. Ajoutons que cette correction est ordinairement très peu importante.

Pendant le premier mois, chaque jour on a prélevé de 25 à 40 échantillons comparables, dans chaque sol.

L'humidité du sol a été forte pendant toute la végétation, mais les feuilles sont restées bien vertes et la plante a manifesté une grande vigueur : en un mot en sol humide l'optimum n'a pas été dépassé.

On trouve dans le tableau suivant les résultats obtenus pour le Lin. (Voyez Pl. III, fig. 4 et 5, la comparaison des deux plantes à différents stades de leur végétation.)

Linum usitatissimum L.

Poids frais. — Les différences sont bien accentuées dès le

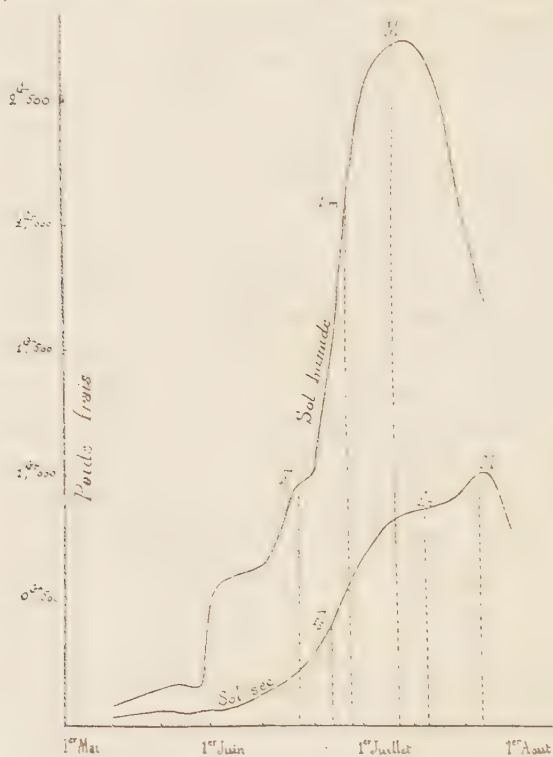


Fig. 13. — *Linum usitatissimum*. — Courbe du poids frais de la plante entière début. Après 24 jours de végétation la plante de sol humide pèse 0^{gr}.1750, et 0^{gr}.0562 en sol sec, soit trois fois moins (fig. 13).

Linum usitatissimum (Plante entière).

DATES.	Nombre de jours de végétation.	PLANTE DE SOL SEC.				PLANTE DE SOL HUMIDE.			
		Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0	Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0
		Gr.	Gr.			Gr.	Gr.		
16 mai.	15	0,0447	0,0040	91,03	8,93	0,0819	0,0092	89,02	10,98
21 —	20	0,0695	0,0113	83,39	16,61	0,1545	0,0225	85,44	14,56
24 —	23	0,0362	0,0062	88,98	11,02	0,1750	0,0244	86,06	13,94
28 —	27	0,0737	0,0108	85,36	14,64	0,1630	0,0152	90,72	9,28
1 ^{er} juin.	31	0,0806	0,0141	82,51	17,49	0,3500	0,0937	82,96	17,04
6 —	36	0,0929	0,0170	81,62	18,38	0,6073	0,1057	82,72	17,28
10 —	40	0,1546	0,0300	80,59	19,41	0,6166	0,1083	82,44	17,56
13 —	43	0,1895	0,0350	81,53	18,47	0,8450	0,1495	82,30	17,70
16 —	46	0,201	0,0438	78,21	21,79	0,961	0,1762	81,68	18,32
20 —	50	0,283	0,0625	77,89	22,11	1,015	0,2633	74,06	25,94
30 —	60	0,650	0,1625	75,00	25,00	2,527	0,6500	74,28	25,72
5 juill.	65	0,837	0,2225	73,44	26,56	2,730	0,7625	72,07	27,93
8 —	68	»	»	»	»	2,738	0,780	71,20	28,80
10 —	70	0,815	0,2119	74,00	26,00	2,747	0,827	69,90	30,10
13 —	73	0,810	0,2115	73,88	26,12	2,530	0,815	66,61	33,39
16 —	76	»	»	»	»	2,508	0,840	66,50	33,50
17 —	77	0,890	0,245	72,45	27,55	2,265	0,835	60,14	39,86
19 —	79	0,820	0,230	71,96	28,04	»	»	»	»
24 —	84	1,020	0,365	64,22	35,78	1,677	0,801	31,96	47,82
29 —	89	0,800	0,355	54,38	45,62	»	»	»	»

On peut considérer les chiffres obtenus du 16 mai au 16 juin comme extrêmement rigoureux. La troisième décimale est exacte et donne le milligramme.

On peut donc affirmer que la plante entière perd de son poids du 21 au 24 mai en sol sec, et du 24 au 28 en sol humide. Cette perte est suivie d'un très rapide accroissement en H, plus lent en S.

On ne peut nier que la plante H s'est trouvée depuis le début du développement dans les mêmes conditions d'humidité et même de température. Ce brusque accroissement indique donc que la plante ne s'accroît pas avec une vitesse égale. Après le minimum qui est un affaiblissement dû aux transformations chimiques internes, il y a un stade où des causes du même ordre favorisent à tel point le développement

en poids, que la vitesse d'accroissement est six fois plus forte qu'avant l'affaiblissement.

Au point de vue chimique il y a là un sujet de recherches qui éclairerait sans nul doute différentes questions relatives aux synthèses organiques.

L'affaiblissement que nous signalons pour le Lin est certainement général, M. Jumelle l'a trouvé pour le Lupin. Il atteint le poids frais et le poids sec, mais surtout ce dernier.

Après l'accroissement brusque, la courbe est plus régulière, et ne subit une légère inflexion qu'au moment de la floraison. Vient ensuite une période d'augmentation de poids rapide, vers le maximum *M'*, qui arrive vingt jours plus tôt en H qu'en S. On voit la courbe de sol sec s'infléchir vers le haut à partir du 15 juillet. Ce changement est dû à des pluies survenues du 15 au 18 juillet. Le taux centésimal d'eau au lieu de diminuer est resté stationnaire, le poids frais et surtout le poids sec continuent à s'accroître.

Le maximum en sol sec n'aurait pas dépassé 0^{gr},900 sans la pluie. Grâce à elle il est monté à 1^{gr},020 en peu de temps.

Cette constatation, jointe à celle qui est relative à l'Orge, que j'ai pu répéter artificiellement, ou constater naturellement après les pluies sur certaines plantes spontanées, nous permettra d'établir par la suite une conclusion générale sur l'importance d'une certaine teneur centésimal en eau pour favoriser l'accroissement.

Poids sec. — Les faits intéressants qu'on relève dans le développement du poids sec ont été signalés plus haut.

L'affaiblissement du début est plus accentué relativement, en S qu'en H. On voit en effet tomber le poids sec de 0^{gr},0115 à 0^{gr},0062 en sol sec, et seulement de 0^{gr},0244 à 0^{gr},0152 en H (fig. 14).

Après l'affaiblissement, en S la plante a perdu les 47/100 de son poids, et en H les 38/100.

Notons aussi que le maximum du poids frais en H ne coïncide pas avec le maximum du poids sec. Ce dernier continue

à s'accroître souvent pendant quelques jours, alors que le poids frais commence à diminuer.

En S, au contraire, pareil fait ne se reproduit pas; ce qui s'explique par la considération suivante. Lorsque le maximum du poids frais est atteint en S la teneur centésimale en eau n'est plus que 64,22 p. 100. Au contraire, en H, il est de

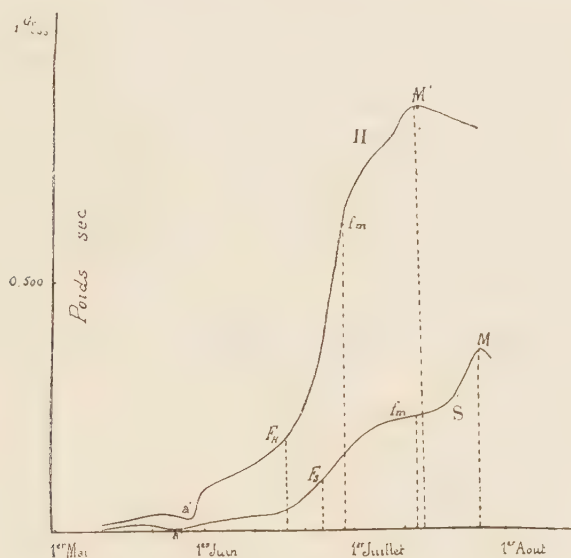


Fig. 14. — *Linum usitatissimum*. — Courbe du poids sec de la plante entière. (La courbe qui concerne la plante du col humide est indiquée F, M'.)

69,10 p. 100. Ce dernier chiffre indique qu'il existe encore en H des parties incomplètement desséchées et par suite susceptibles de fabriquer encore de la substance sèche.

Les rapports des maxima du poids frais et du poids sec, en H et en S, sont :

$$\text{Pour le poids frais : } \frac{H}{S} = 2.69$$

$$\text{Pour le poids sec : } \frac{H}{S} = 2.31.$$

Proportion centésimale de poids sec et d'eau. — Pour un même stade du développement, le contenu en eau est supé-

rieur en sol humide, mais comme la végétation est accélérée en H, il arrive un moment où la plante est plus aqueuse comparativement en S; à cette époque la dessiccation commence en H, la fructification se terminant, tandis qu'en S la floraison vient seulement de commencer. La sécheresse ici a donc pour effet de prolonger la durée de la vie de la plante.

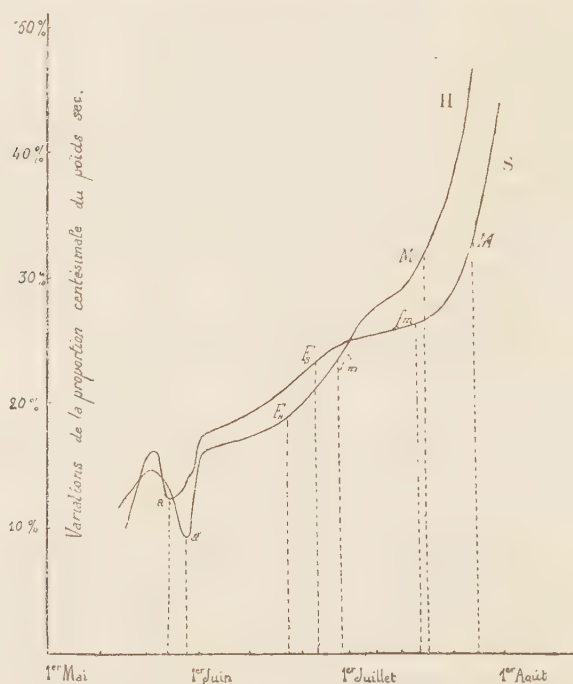


Fig. 15. — *Linum usitatissimum*. — Courbes de la proportion centésimale du poids sec par rapport au poids frais de la plante entière. — a', M', courbe de la plante de sol humide; a, M, courbe de la plante de sol sec. On constate que la plante de sol humide se dessèche avant la plante de sol sec, sa végétation ayant été considérablement hâtée par l'humidité du sol. La floraison est aussi plus précoce sur le sol humide.

Il est un fait très important à constater, c'est que, à l'époque de la floraison, pour la plante entière comme pour la tige et les feuilles, il y a toujours une proportion centésimale d'eau qui paraît sensiblement égale dans les deux cas. Ordinairement les courbes se rapprochent très près ou même se croisent. On sait par expérience que la floraison n'est pas déter-

minée chez une espèce donnée par l'arrivée de l'individu à un certain poids frais ou à certain poids sec : il existe, en effet, de très petits échantillons d'une espèce qui peuvent fleurir à côté de très gros échantillons non fleuris. Peut-être n'en est-il pas de même de la proportion centésimale d'eau et de poids sec. Il serait sans doute prématuré de conclure et généraliser, une chose aussi importante, après les quelques remarques précédentes appuyées seulement d'observations sur cinq ou six espèces. Il est dans tous les cas, permis de supposer que la teneur centésimale en eau est sensiblement fixe pour une espèce au moment de sa floraison ; que ce soit une des causes déterminantes de la floraison ou seulement un effet direct ou indirect, cette remarque paraît digne d'attention et mériterait quelques expériences complémentaires.

Cannabis sativa L.

Les mêmes recherches faites avec le Chanvre pendant la

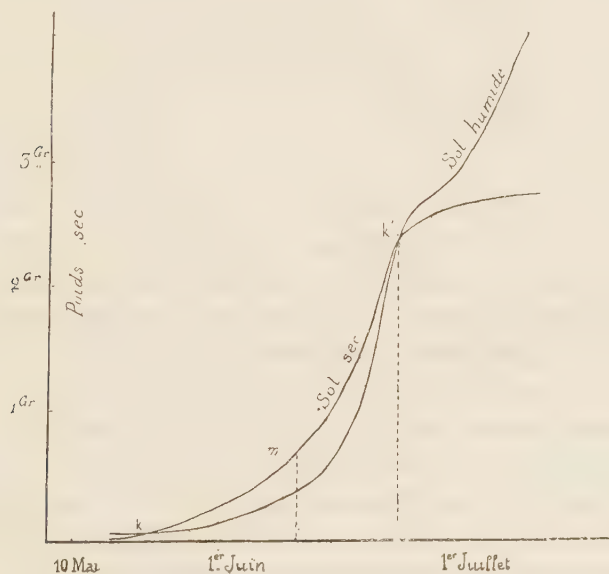


Fig. 16. — *Carthamus tinctorius*. — Début de la végétation. Courbes du poids sec de la plante entière indiquant les variations de l'optimum.

première partie de la végétation nous ont donné une expli-

cation très nette du phénomène du ralentissement de l'accroissement.

Poids frais. — La végétation a été très accélérée dès le début en H et en moins de cinquante jours la plante atteignait le poids de 53 grammes, tandis qu'en sol sec pendant le même temps, la plante n'avait atteint que 6 grammes. Cette progression de la différence observée devait s'accroître de plus en plus, car la plante S ralentissait sa croissance.

Poids sec. — La différence des deux poids secs était ana-

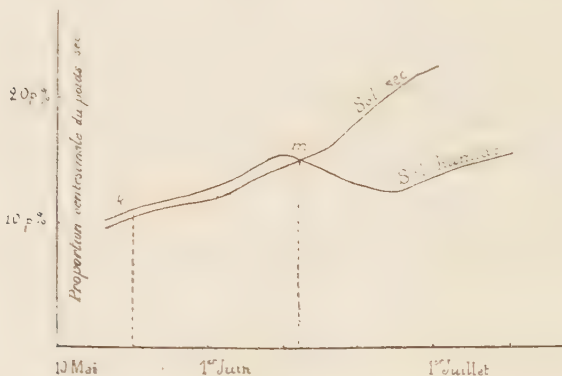


Fig. 17. — *Carthamus tinctorius*. — Variations de la proportion centésimale du poids sec de la plante entière au début de la végétation.

logue. La plante renfermait, en H, 8 grammes de substance sèche, et seulement 2 grammes en S.

Proportion centésimale. — L'explication de cette différence si grande dans le développement est donnée par la courbe de la proportion centésimale de poids sec.

On remarque, en effet, que la teneur en eau est supérieure en H, mais peu différente, jusqu'au 23 mai. Cette différence, au contraire, s'exagère à partir de cette date et devient ensuite considérable : elle atteint plus de 16 p. 100 le 23 juin, H renfermant 14,41 p. 100 seulement de poids sec, soit 85,59 d'eau, et S 30,16 de poids sec, soit 69,84 d'eau.

Dans des conditions aussi différentes, la plante S avait une croissance très ralentie relativement, puisque la plante H a quadruplé son poids du 23 juin au 8 juillet, tandis que la

plante S l'a seulement doublé pendant le même temps. Cet exemple montre, d'une manière frappante, le ralentissement de l'accroissement en poids causé par une élévation trop considérable de la proportion du poids sec.

Cannabis sativa. — (Première partie de la végétation. — Plante entière.)

DATES.	Nombre de jours de végétation.	PLANTE DE SOL SEC.				PLANTE DE SOL HUMIDE.			
		Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0	Poids frais.	Poids sec.	Eau. 0/0	Poids sec. 0/0
1 ^{er} mai.	Semis.								
11 —	10	0,121	0,028	77,11	22,89	0,216	0,043	79,80	20,20
13 —	12	0,197	0,047	75,73	24,27	0,313	0,063	79,02	20,98
16 —	15	0,225	0,033	85,16	14,84	0,421	0,055	86,94	13,06
21 —	20	0,385	0,091	76,20	23,80	1,075	0,188	82,48	17,52
24 —	23	0,418	0,100	76,10	23,90	1,505	0,301	80,00	20,00
28 —	27	0,610	0,152	75,09	24,91	2,190	0,452	79,37	20,63
1 ^{er} juin.	31	0,845	0,218	74,18	25,82	2,346	0,481	79,50	20,50
3 —	33	1,290	0,340	73,64	26,36	2,660	0,549	79,37	20,63
6 —	36	1,335	0,362	72,90	27,10	5,550	1,092	80,33	19,67
10 —	40	1,337	0,415	68,97	31,03	5,700	1,190	80,69	19,31
13 —	43	2415	0,755	68,70	31,30	8,200	1,675	79,58	20,42
16 —	46	2,485	0,765	69,20	30,80	11,985	2,253	81,20	18,80
20 —	50	4,715	1,340	71,59	28,41	17,225	3,000	82,59	17,41
23 —	53	»	1,995	69,84	30,16	53,885	7,765	85,59	14,41
29 —	59	6,615	»	»	»	91,985	»	»	»
8 juill.	68	14,520	»	»	»	200,00	»	»	»

Carthamus tinctorius L. — Jusqu'ici nous avons suivi le développement de plantes dont l'optimum d'humidité n'était pas dépassé pendant aucun moment de la végétation.

Le Carthame a eu depuis le début un sol de même humidité jusqu'à floraison, et cependant la plante visiblement a subi un moment (30 jours) en H un ralentissement de développement qui indiquait que l'optimum à cet instant était dépassé. Or, la même plante a ensuite pris le dessus et prospéré davantage en sol humide.

De sorte que si l'on représente le développement comparé des deux plantes pendant leur végétation, voici ce qu'on observe en représentant par (+) la plus grande et (—) la plus petite :

DATES	PLANTE DE SOL SEC.	PLANTE DE SOL HUMIDE
1 ^{er} mai	—	—
16 —	—	—
20 —	—	—
4 ^{er} juin	—	—
10 —	—	—
18 —	—	—
22 —	—	—
1 ^{er} juillet	—	—
20 —	—	—

Le tableau suivant donne des chiffres précis relatifs à cette plante. Une seule raison peut donner l'explication de ces changements :

La plante a un optimum d'humidité qui varie suivant le stade du développement.

En effet, le taux d'humidité étant sensiblement constant aussi bien en sol sec qu'en sol humide, on voit successivement la plante *H* prospérer, souffrir et prospérer à nouveau.

Carthamus tinctorius. — Plante entière.

DATES	NOMBRE de tiges végéta- tives	PLANTE DE SOL SEC.				PLANTE DE SOL HUMIDE.			
		Poids frais.	Poids sec.	Eau. %	Poids sec. %	Poids frais.	Poids sec.	Eau. %	Poids sec. %
1 ^{er} mai	8								
16 —	15	5,51	0,034	90,19	9,81	0,502	0,050	88,85	10,08
20 —	16	5,203	0,065	89,08	10,92	0,590	0,067	88,65	11,35
24 —	24	1,295	0,134	88,90	11,10	0,960	0,115	88,00	12,00
4 ^{er} juin	34	1,18	0,410	87,69	12,31	1,700	0,230	86,48	13,52
10 —	36	1,000	0,415	80,05	15,57	2,035	0,292	84,65	14,35
16 —	40	5,701	0,725	85,49	14,51	2,788	0,418	84,98	15,02
18 —	40	7,790	1,118	84,29	13,74	4,785	0,670	85,00	14,00
22 —	53	11,387	2,345	79,77	20,23	18,940	2,435	87,15	12,85
24 —	52	12,350	2,662	78,45	21,55	20,465	2,800	86,32	13,68
10 juillet.	60	14,030	"	"	"	29,060	4,373	"	15,05
20 —	70	17,005	"	"	"	"	"	"	"
30 —	80	17,050	"	"	"	2,400	"	"	"

Peut-être pourrait-on dire que la plante *H* s'adapte à un

régime qui lui était défavorable, mais il resterait à expliquer pourquoi ce régime était défavorable après avoir été favorable au début.

Quand on dresse les courbes du *poids frais* et du *poids sec*, on voit nettement une période où la plante du sol sec prospère davantage que l'autre. Vers le 18 juin, on voit les deux plantes avoir le même poids frais, mais ce n'est que le 25 juin qu'elles auront le même poids sec. A ce moment, 25 juin, la plante S est au 11/17 de son poids frais maximum, tandis qu'elle n'est pas même au 1/3 de son poids en H.

Pendant la période *KK'*, 20 mai-20 juin (voyez la courbe figure 16), la plante S a donc accéléré considérablement son développement, ou mieux la plante H a retardé le sien.

Si l'on considère les variations centésimales du poids sec et d'eau, on voit la courbe monter lentement en S depuis le début jusqu'à la floraison. En H, au contraire, la plante subissant au début une accélération de croissance, le poids sec centésimal y est plus élevé qu'en S, mais subit une inflexion rapide qui correspond à une augmentation de la proportion d'eau de 3 p. 100. Le 25 juin, quand la plante S est arrêtée presque dans son développement par la dessiccation rapide (20 p. 100 de poids sec), la plante H n'a que 12,5 de poids sec et conserve une vigueur qui lui permet de s'accroître beaucoup.

Si la plante de sol sec avait été ramenée à un taux p. 100 d'eau voisin de 13 p. 100, elle aurait sans doute pu aussi continuer sa végétation et même dans d'aussi bonnes conditions que la plante H. Notons, en outre, que l'influence de la sécheresse avait amené la chute de beaucoup des feuilles ou au moins leur jaunissement. Ainsi, faute d'appareil assimilateur, le poids sec ne pouvait plus guère s'accroître. Dans le sol humide, au contraire, les feuilles restées bien vertes ont pu continuer à enrichir le végétal en poids sec.

Si l'on se reporte au début de la végétation, on constate que les feuilles étaient plus larges et plus longues en sol sec qu'en sol humide.

La sécheresse ne gênait pas le développement puisque la teneur en eau interne était très élevée. Ce n'est qu'après l'épuisement de cette réserve qu'on a constaté en même temps l'abaissement du taux d'eau interne et le ralentissement de la croissance. A ce moment les feuilles avaient cédé l'eau qu'elles renfermaient et se trouvaient complètement desséchées. Ainsi, pour le Carthame comme pour beaucoup de plantes, la floraison est le signal d'une forte transpiration qui peut amener une diminution dans la proportion de l'eau interne. C'est une période très critique qui peut se terminer par une dessiccation suffisante pour arrêter la production de nouveaux organes assimilateurs, et même aboutir à l'arrêt complet de l'accroissement en poids.

Si, s'inspirant de cette considération, on fournit à la plante assez d'eau pour réparer ses pertes dans sa teneur en eau interne, non seulement on entretient la vitalité pendant la fructification, mais ordinairement la plante est capable de pousser de nouveaux rameaux et de nouvelles feuilles qui contribuent à leur tour à augmenter le poids sec. Comme ces feuilles récemment apparues sont jeunes, leur action se prolonge assez longtemps après la première floraison.

Le début de la floraison est un instant critique qui décide du rendement final en poids.

Si l'on consulte les tableaux, on voit en effet le poids frais et le poids sec augmenter rapidement et même doubler en peu de temps. Il importe que cet accroissement se fasse normalement et sans entrave. La dessiccation interne, si faible qu'elle soit, est un obstacle à cet accroissement et par suite influe sur le maximum que la plante atteindra par la suite.

Plusieurs fois je l'ai constaté, soit par l'arrivée de la pluie pendant la fructification, soit par des expériences, l'eau qui survient dans le sol pendant la fructification de la plante est extrêmement importante, et peut en deux ou trois jours atténuer les différences de poids constatées depuis le début entre les plantes des sols secs et humides.

Nous avons insisté sur l'importance de l'eau au moment de la fructification, nous pouvons ajouter, que pendant toute la période qui précède la floraison, il n'est pas nécessaire que la plante dispose continuellement d'un sol très humide. Dans un sol très sec mais permettant cependant une certaine croissance, on voit les feuilles d'un vert foncé très différent du vert clair des feuilles en sol humide. S'il survient une pluie, même courte, mais pouvant humecter le sol, le lendemain une croissance rapide se produit. Cette croissance est si brusque et si importante que souvent, deux jours après la pluie, les plantes de sols secs sont beaucoup plus développées que les plantes de sols humides qui cependant avaient une avance assez considérable.

Il ne faudrait donc pas dire qu'il existe un optimum d'humidité du sol, constant pendant la végétation. Il est bien vrai, comme l'ont fait Hellriegel et Wollny, qu'en soumettant les plantes à différentes humidités du sol on obtient des rendements variables dont l'un est supérieur aux autres et correspond à un certain taux moyen d'humidité du sol, mais ce n'est qu'un résultat empirique qui n'explique rien quant au rôle de l'eau et donne une idée fausse de l'importance de celle-ci.

Pour préciser cette critique je prendrai comme exemple celui de Hellriegel sur l'Orge.

Représentant par 100 la quantité d'eau nécessaire à la saturation complète du sol, ce savant trouve que le rendement en matière sèche varie comme l'indiquent les chiffres suivants :

Humidité du sol.	Rendement en matière sèche.	
	Grains.	Paille.
	Gr.	Gr.
80 p. 100	8.77	9.47
60 —	9.96	11.00
40 —	10.51	9.64
30 —	9.73	8.20
20 —	7.75	5.50
10 —	0.72	1.80
5 —	»	0.12

On peut tirer du tableau les conclusions suivantes :

1. Il existe un taux d'humidité du sol qui est plus utile au développement qu'un chiffre inférieur et qu'un chiffre supérieur.

2. Les taux d'humidité de 25 à 80 p. 100 pour les grains et 30-80 pour la paille, donnent sensiblement les mêmes résultats.

L'humidité a été maintenue pendant toute la végétation. Les conclusions peuvent donc intéresser pratiquement les sols qui sont naturellement humides. On saura par exemple que, deux sols déterminés renfermant l'un 30 p. 100 d'eau, l'autre 60 p. 100, il vaut mieux cultiver l'Orge dans le second plutôt que dans le premier. Cela n'indique pas autre chose. S'il s'agit de deux sols secs renfermant 10 p. 100 d'eau et irrigables, quelle méthode devra-t-on suivre? Faudra-t-il donner 60 p. 100 d'eau au sol pendant toute la végétation?

Pour répondre à cette question il faut considérer qu'il peut y avoir une foule de solutions possibles donnant le rendement maximum 10,51 en grains et 11,00 p. 100 en paille : Donner à la plante une certaine quantité d'eau à un moment déterminé, après une légère sécheresse, donne de meilleurs résultats qu'une humidité dite optimum, permanente. Le tableau suivant donne le résultat de quelques-unes seulement des nombreuses expériences que j'ai faites à ce sujet :

ESPÈCES.	EN SOL SEC.				EN SOL HUMIDE.			
	Poids frais avant l'irri- gation.	Inter- valle.	Poids frais après l'irri- gation.	Gain en poids.	Poids frais avant l'irri- gation.	Inter- valle.	Poids frais après l'irri- gation.	Gain en poids.
<i>Polygonum Fagopy- rum</i> L.	0,494	10 j.	19,40	1,446	0,755	10 j.	1,435	0,680
<i>Linum usitatissimum</i> L.	0,075	6	0,294	0,219	0,160	6	0,280	0,120
<i>Lupinus albus</i> L. . . .	2,175	9	4,450	2,275	4,140	9	4,910	0,770
<i>Helianthus annuus</i> L.	0,540	17	5,550	5,010	1,355	17	3,405	3,050

On peut donc affirmer que les intervalles d'humidité et de sécheresse relative sont en général très profitables aux plantes ; beaucoup plus profitables que l'humidité permanente.

Cette dernière situation peut être surtout néfaste pour une plante bien adaptée aux sols très secs.

Le *Datura Stramonium*, par exemple, souffrira d'une humidité permanente, mais profitera beaucoup d'irrigations espacées.

Le nombre des plantes terrestres qui exigent une humidité permanente pour donner un rendement maximum doit être assez rare. Presque toutes doivent donner le maximum possible avec le concours de l'eau, mais répartie à différents intervalles, à certains stades précis de leur végétation.

Ainsi, il n'existerait pas un seul optimum d'humidité pour le développement en poids, mais plusieurs optima qui sont en rapport avec la proportion d'eau interne à chaque stade de la végétation.

Les arguments qu'on peut faire valoir en faveur de cette conclusion sont les suivants :

1° Pour une plante donnée, une interruption, même brève, dans le régime de sécheresse suffit à produire des effets extrêmement puissants (1) ;

(1) A l'appui de cette conclusion j'ai recueilli différents renseignements

2° Certaines plantes, qui bénéficient à certains moments d'une certaine humidité, peuvent en souffrir beaucoup pendant la période suivante de leur végétation.

Le Carthame a déjà été cité, nous avons constaté les mêmes phénomènes sur le Ricin.

Pour cette dernière plante, on a vu successivement l'avantage appartenir alternativement à la plante de sol sec ou à celle de sol humide, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant :

DATES.	EN SOL SEC.	EN SOL HUMIDE.
1 ^{er} mai.....	=	—
15 —	+	—
28 —	—	—
15 juin.....	—	—
10 juillet.....	=	—
20 —	+	—
15 août.....	—	—
5 septembre.....	—	—
15 —	—	—

en Algérie sur l'influence d'une pluie très passagère au point de vue des rendements agricoles. En 1892, de deux localités situées à la même latitude aux environs de Aïn-Beida, l'une a reçu pendant *deux heures seulement* une pluie violente à un certain moment de la végétation. Le rendement à l'hectare de l'Orge et du Blé dans la localité visitée par l'orage, a été double de celui qu'on a obtenu dans l'autre localité restée sèche.

(1) Pluies du 1^{er} au 5 juillet.

DEUXIÈME PARTIE

INFLUENCE DE L'EAU SUR LA CROISSANCE.

A mesure qu'il croît et augmente de volume, le corps de la plante augmente généralement de poids. Mais cette augmentation de poids n'est pas une règle générale. « Une Liliacée, dont le bulbe pousse sa tige feuillée, peut perdre le tiers de son poids pendant que sa première feuille a décuplé de longueur (1), » et que le volume de son corps a augmenté aussi. Les pertes dues à la respiration ou à une forte transpiration peuvent aussi souvent permettre la continuation des phénomènes de croissance tout en produisant une perte de volume ou de poids.

L'étude que nous avons faite de l'accroissement en poids demande donc à être complétée par celle de la croissance en général des divers membres de la plante.

La germination est le point de départ de la croissance ; nous avons donc expérimenté en vue de voir l'importance de l'eau du sol sur ce phénomène.

Les résultats signalés ici ont été obtenus dans des expériences faites sur le Haricot et le Lupin semés en pots dans quatre sols de différentes natures et à trois degrés d'humidité variables suivant la capacité de chaque sol pour l'eau.

On en peut tirer les conclusions suivantes :

1° Une terre saturée d'eau (2) produit un gonflement rapide

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique* (1^{re} édition, p. 23).

(2) Une terre est dite saturée quand son hygroscopicité est satisfaite et que les intervalles capillaires contiennent le plus d'eau possible.

des graines, mais la germination est généralement entravée totalement.

Dans un sol perméable (sable) ou léger (terre de bruyère), quelques graines peuvent cependant arriver à germer, grâce à l'air qui reste adhérent aux particules terreuses ou organiques.

La principale entrave de la germination en terre saturée résulte donc du défaut d'aération de la terre. Cette action néfaste n'en reste pas moins imputable indirectement à l'excès d'humidité et varie suivant que la terre est *continue* ou *discontinue* d'après la terminologie de Gasparin (1).

2° Un sol presque à demi-saturation favorise beaucoup la germination.

3° Un sol sec, où on place assez d'eau pour gonfler les graines, mais où l'on n'entretient pas l'humidité qui diminue à mesure de l'évaporation, donne une germination presque aussi rapide qu'en terre demi-saturée : mais la croissance est considérablement ralentie par le manque d'eau.

Le ralentissement de la croissance, produit par une sécheresse relative du sol, est mis en évidence par le tableau suivant, qui donne une observation, faite trois jours après le semis, sur la longueur de la jeune pousse.

Phaseolus vulgaris L.

	Sol sec. 5 0/0 d'eau.	Sol très humide. 45 0/0 d'eau.	Influence de l'humidité.
	Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.
Sable de Fontainebleau.	4-6mm	22mm	Quadruple la croissance.
Terre de bruyère.....	6-8mm	12-15mm	Double la croissance.

4° L'observation de la germination dans les sols argileux et calcaires permet de conclure que l'action de l'humidité, bien que se manifestant dans le même sens, est variable suivant le sol considéré. Les conditions nécessaires à la germination étant multiples, si l'humidité entrave l'une

(1) P. Gasparin, *Traité de la détermination des terres arables*.

d'elles, immédiatement le résultat est compliqué par cette action indirecte.

C'est ainsi que le pouvoir d'imbibition, l'hygroscopicité, l'évaporation, variant avec la constitution physique et chimique des sols, un certain taux d'humidité peut produire dans la croissance une accélération très variable suivant les sols. C'est du reste ce qu'indique le tableau précédent.

La plante dans le sable humide donne une pousse quatre fois plus grande que celle du sable sec, et la plante qui croît dans la terre de bruyère humide donne seulement une pousse deux fois plus grande que si elle était dans la même terre sèche renfermant 5 à 6 p. 100 d'eau.

Si l'on opère sur un sol mixte les résultats sont intermédiaires. Il est donc utile de faire cette remarque que les différences observées dans nos expériences sont relatives à un sol déterminé, et par suite susceptibles de variations si l'on opère sur un autre sol.

L'expérience nous a toujours cependant démontré que les variations de l'action des différents sols, qui paraissent si importantes au début de la végétation, s'atténuent beaucoup et sont plus faibles par la suite.

CROISSANCE DE LA RACINE.

La racine, qui se développe à l'air libre, change sa direction et recherche l'humidité si on place sur un côté un corps imbibé d'eau. Cet organe possède un hydrotropisme positif si prononcé qu'il annule complètement le géotropisme.

Dans un sol, assez meuble, l'hydrotropisme de la racine est encore très facile à constater. On sait par des observations nombreuses que les racines se dirigent dans le sol vers le point de plus grande humidité, si le sol est relativement sec.

Les cultures en sol sec et en sol très humide devaient donner, par suite de l'hydrotropisme, des différences dans la morphologie externe des racines.

Dans beaucoup de mes cultures je pouvais, en effet, constater deux dispositions des racines dues à l'hydrotropisme.

1° Il arrivait ordinairement que la racine était nettement pivotante en sol sec et chevelue presque sans pivot en sol humide.

Nous citerons comme exemple le Sarrasin, *Polygonum Fagopyrum* L. On observe, en sol sec, un pivot de 18 à 20 centimètres de longueur présentant des ramifications peu nombreuses et seulement au voisinage du collet effectif de la racine.

Ces ramifications sont clairsemées et perpendiculaires au pivot, quelques-unes quatre ou cinq ont 1 millimètre de diamètre à leur naissance.

En sol humide, d'autre part, on trouve un pivot de 5 centimètres se terminant par trois ou quatre radicelles orientées plus ou moins suivant la pesanteur.

Le long du pivot naissent de nombreuses radicelles ramifiées et enchevêtrées.

En sol très humide il y a un pivot de 3 centimètres se terminant par une fourche, et le tout entouré par un enchevêtrement de radicelles fines et très nombreuses.

La même différence moins accentuée s'observe chez le *Raphanus sativus*, (Voyez pl. IV, fig. 5 et 6) où le pivot est extrêmement accusé, et très allongé en sol sec.

2° Certaines racines développent en sol sec un pivot perpendiculaire à la surface du sol et s'enfonçant assez profondément avant de se ramifier.

La richesse en eau de la partie superficielle du sol a été constamment entretenue en sol humide. Le pivot se ramifie plusieurs fois à une très faible profondeur 8-10 centim. et émet souvent des ramifications qui deviennent très fortes en épaisseur et rampent *parallèlement* à la surface du sol presque à fleur de terre (*Cannabis sativa*, *Helianthus tuberosus*).

Entre ces deux types se rangent différents intermédiaires qui présentent la particularité bien connue d'avoir toujours une racine plus chevelue en sol humide qu'en sol sec.

Si l'observation ci-dessus est banale dans sa généralité, ce qui l'est moins, c'est la constatation de différences aussi importantes que celles signalées déjà pour le Sarrasin. L'aspect des deux sortes d'échantillons est en effet très différent.

On peut donc formuler la conclusion suivante :

L'humidité du sol paraît ralentir la croissance terminale de la racine principale et exagérer la croissance des ramifications secondaires et tertiaires. La distance des insertions des radicules est beaucoup diminuée.

Ces résultats sont inverses de ceux qu'on observe sur la tige.

Quand un sol est très sec l'allongement terminal de la racine principale est accéléré par la sécheresse.

Cet effet doit être mis sur le compte de l'hydrotropisme positif, car les parties profondes du sol sont plus humides que les parties superficielles.

Dans le cas d'arrosages très fréquents et très abondants, la surface du sol est presque toujours saturée jusqu'à une faible profondeur; cette humidité détermine donc la racine à se développer dans cette région : c'est ce qui explique la présence de racines traçantes à fleur de terre dans les sols humides.

Au point de vue pratique, on peut dire que la plante est plus profondément enracinée dans un sol sec. Cependant la stabilité de la plante est souvent plus faible en sol sec qu'en sol humide. On constate fréquemment, en effet, que les parties supérieures de la racine de la plante S, sont ridées par une grande dessiccation, cette particularité nuit beaucoup à la fixation de la partie aérienne qui ainsi n'a qu'un faible point d'appui.

CROISSANCE ET RAMIFICATION DE LA TIGE.

Il est établi que la tige s'allonge davantage dans l'air saturé de vapeur d'eau que dans l'air sec.

Il en résulte que si elle est exposée sur ses parties latérales à une humidité inégale, elle s'infléchit vers le côté le plus sec : l'hydrotropisme de la tige est donc négatif. Nous ne nous

occuperons pas de l'action de l'air humide sur la croissance, mais seulement de l'action de l'humidité du sol.

Il est clair que l'humidité du sol n'agit sur la tige que par l'excès d'eau qui y entre et s'y maintient. Si on compare, comme nous l'avons fait, la proportion centésimale d'eau pendant la végétation en S et en H, on trouve, comme nous l'avons vu, de 3 à 5 p. 100 d'eau en plus pour l'ensemble de la plante H ; en réalité, certains organes, comme les feuilles adultes, ont une différence qui est rarement plus forte.

En cherchant le poids sec des feuilles arrivées à l'état adulte, on a trouvé en effet pour des lots de feuilles comparables :

		POIDS frais.	POIDS sec.	POIDS SEC. 0/0	EAU. 0 0
		Gr.	Gr.		
Sarrasin (fleuri)....	S.	2,195	0,428	19,50	80,50
	H.	2,320	0,432	18,61	81,39
Chanvre.....	S.	0,950	0,285	30,00	70,00
	H.	1,190	0,320	26,89	73,11
Lupin.....	S.	1,820	0,332	18,24	81,76
	H.	2,330	0,340	14,57	85,43
Fève.....	S.	3,340	0,541	16,16	83,84
	H.	3,225	0,417	12,93	87,07
Courge.....	S.	2,230	0,485	21,74	78,26
	H.	3,170	0,620	19,55	80,45
Pavot.....	S.	0,310	0,035	11,30	88,70
	H.	1,370	0,120	9,49	90,51

Les feuilles naissent sur la tige de bas en haut (formation centripète par rapport à l'axe caulinaire) et les bourgeons naissent successivement à l'aisselle des feuilles ; mais leur différenciation en branches s'opère très différemment dans les deux sols.

Il n'est pas rare, comme l'indiquent les auteurs (1), de voir sur une tige, qui a cessé de s'allonger pour une cause quel-

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique* (1^{re} édition, p. 274).

conque, les bourgeons se développer en branches de haut en bas (formation centrifuge).

C'est ce qui a lieu souvent pour les plantes de sol sec qui sont arrêtées dans leur croissance longitudinale par la sécheresse du sol. L'allongement terminal restant longtemps stationnaire, les ramifications de la tige s'accroissent davantage.

Pour les plantes de sol humide, au contraire, l'accroissement terminal se continuant sans interruption et avec rapidité, la ramification latérale est au début assez rare ; mais, par contre, aussitôt que se produit le ralentissement de la croissance, après la floraison, on voit successivement s'ouvrir les bourgeons, et il s'ensuit une abondante ramification centrifuge (descendante) qui s'étend d'autant plus loin que presque tous les entre-nœuds ont conservé leur vitalité, même après leur limite de croissance.

Pour la plante de sol sec fleurie, le développement centrifuge des bourgeons est très rare, il est plutôt centripète, mais localisé en haut de la tige et assez rare. Comme ces rameaux du sommet sont peu nombreux, on a une ramification en ombelle ou en grappe serrée.

Dans la plupart des cas la ramification terminale est un corymbe largement développé en sol humide et une grappe irrégulière en sol sec.

Au point de vue du port, la tige de sol humide a un contour très large un peu élargi encore au sommet, à ramification très abondante. La plante de sol sec est assez grêle et capitée.

Pour la plante de sol humide :

a. *Jeune*. — Le développement des bourgeons est centripète (ascendant), rare ou nul ;

b. *Adulte*. — Le développement des bourgeons est centrifuge (descendant), très répandu.

Pour la plante de sol sec :

a. *Jeune*. — Le développement des bourgeons est centrifuge (descendant), assez répandu ;

b. *Adulte*. — Le développement des bourgeons est centripète (descendant), rare ou nul.

En règle générale on sait que l'accroissement donne à la tige une forme cylindrique ou prismatique; ensuite il se produit une différenciation en fuseau; l'axe transversal de ce fuseau est placé à une hauteur variable suivant les espèces ainsi qu'on l'admet généralement.

Mes observations permettent d'affirmer que cette différenciation est corrélative de la ramification.

Comme l'humidité du sol retentit beaucoup sur la ramification, j'ai pu établir une relation évidente entre la largeur de la tige à différents niveaux et la ramification à ces mêmes niveaux.

En un mot, l'épaississement ultérieur de la tige ne se fait pas au hasard. Comme la ramification constitue le port de l'espèce et que ce port est relativement fixe, il s'ensuit que l'épaississement suit une règle propre à l'espèce.

Mais tout ce qui modifie la ramification modifie par contre-coup l'accroissement en largeur, ainsi que nous allons l'expliquer.

Après un grand nombre d'observations relatives à la croissance, j'ai pu formuler la remarque suivante :

Les dimensions en diamètre que peut acquérir un entre-nœud paraissent en rapport avec les phénomènes de croissance des ramifications du nœud immédiatement supérieur.

Démonstration avec le Sarrasin. — Ex. fig. 18, A. La tige restera sensiblement cylindrique si chaque nœud donne seulement un pédoncule foliaire. Si le bourgeon *b* se développe quand la feuille *f* a terminé sa croissance, en général l'entre-nœud inférieur 1 a aussi terminé sa croissance et le développement de *b* n'aura plus d'influence sur l'accroissement de l'entre-nœud 1.

Si, au contraire, le bourgeon *b* se développe dès le début du développement de la feuille *f*, le développement de ce bourgeon produit un appel de substance et l'entre-nœud inférieur s'accroît en diamètre et non pas en longueur.

Cet entre-nœud devient ainsi un centre qui commande le développement de la tige T et du rameau R_1 issu de b (fig. 18, B).

La tige T, en général, ayant une avance considérable au point de vue de l'âge, reste plus grosse que le rameau R. Mais, comme nous l'avons dit, l'accroissement de l'entre-nœud 2

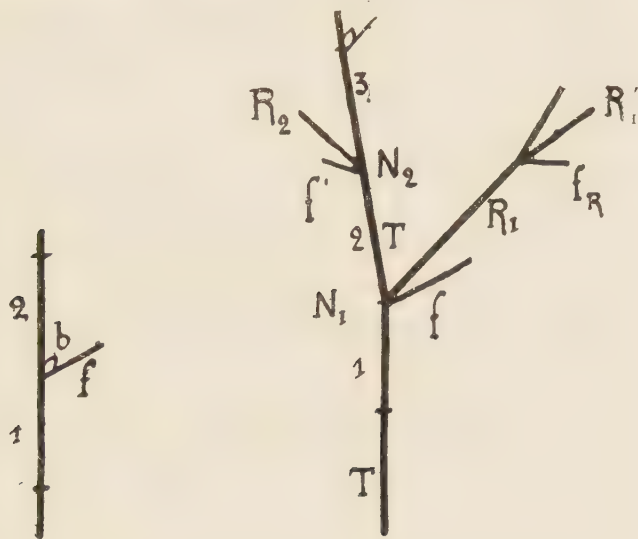


Fig. 18 (A et B). — Schéma de la ramification du *Polygonum Fagopyrum* L. — b , bourgeon axillaire; f , f' , f_R , feuilles axillantes; R_1 , R_2 , R_1' , rameaux issus des bourgeons; 1, 2, 3, entre-nœuds; T, tige principale.

est en rapport avec le développement de R_2 et R_1 suit le développement de R_1' .

Il s'ensuit que si R_2 se développe très rapidement (notamment si R_2 apparaît presque en même temps que R_1), 2 aura une avance très grande, car R_1' n'apparaîtra que plus tard. Il peut arriver, au contraire, que 2 continue à croître en longueur si sa vitalité est grande.

Alors R_2 n'apparaît que presque simultanément à R_1' , surtout si R_1 cesse très tôt son accroissement en longueur, et par suite avance l'apparition de R_1' .

Il s'ensuit alors une lutte de vitesse dans l'accroissement de R_2 et R'_1 .

Mais 2 étant, dans ce cas, plus long que R_1 , R'_1 a un certain avantage sur R_2 , d'où il résulte que R_1 s'accroît en diamètre plus rapidement que 2.

On a alors une fourche formée par la tige et son rameau, où l'on a suivant les cas :

Premier cas. — $T > R_1$ (en diamètre). Cas ordinaire correspondant à : T le plus petit possible ; R_1 le plus grand possible ; R_2 ayant un développement très avancé sur R'_1 ;

Deuxième cas. — $T = R_1$ (en diamètre). Cas correspondant à : T assez long ; R_1 assez court ; R_2 peu avancé sur R'_1 ;

Troisième cas. — $T < R_1$ (en diamètre). Cas correspondant à : T le plus long possible ; R_1 le plus court possible ; R_2 et R'_1 apparaissant sensiblement en même temps (ou R_2 après R'_1 ce qui est rare), et en général T plus long que R_1 .

Relations suivantes corollaires. — Le rapport des dimensions en diamètre $\frac{T}{R_1}$ peut donc être $> = <$ que 1.

L'avenir des deux branches de la fausse dichotomie en dépend.

En général, si $\frac{T}{R_1} > 1$, la plante est élancée et peu ramifiée.

Au contraire, si $\frac{T}{R_1} < 1$ ou $= 1$, la plante est ramifiée en largeur, puisque chaque rameau, pour son propre compte, possède « une fraction » de la vie totale de la plante, plus importante.

Chaque rameau secondaire représente dans la vie de la plante un facteur très important ayant, par suite, des charges et un but plus important. Il aura pour mission de fournir, par suite, son contingent de fleurs et de graines.

En résumé :

1° L'accroissement en longueur est antagoniste de l'accroissement en diamètre ;

2° L'accroissement en longueur terminé, l'accroissement en diamètre peut encore se produire ;

3° Les deux accroissements peuvent encore être simultanés, mais, en général, le maximum d'action de l'accroissement en diamètre arrive au moment où l'accroissement en longueur est sur le point de cesser ;

4° L'accroissement en longueur est lié à la vie collective de toutes les parties de la plante ;

5° L'accroissement en diamètre est lié intimement aux phénomènes d'accroissement qui se passent dans la région du nœud immédiatement supérieur ;

6° Si l'accroissement en diamètre apparaît après la fin de l'accroissement en longueur, la plante tout entière voit ses proportions augmenter en largeur au détriment des dimensions en longueur. En un mot, l'accroissement en diamètre correspond à une déformation du port de la plante, qui exagère ses dimensions transversales.

Des observations dues à Dupetit-Thouars (1) prouvent que les stipes des *Dracæna*, des *Aloes* et des *Yucca*, s'accroissent en diamètre lorsque ces Monocotylédones se ramifient. Le *Dracæna umbraculifera*, par exemple, qui n'a qu'une cime comme les Palmiers, ne croît pas en diamètre ; mais le *Dracæna Draco*, qui se ramifie, grossit considérablement. Le stipe des *Yucca* ne grossit point tant que ces végétaux ne conservent qu'une cime ; mais si quelque accident les prive de leur tête, ils se ramifient, et dès lors croissent en diamètre. D'autre part, Dutrochet (2) fait remarquer que chez les Monocotylédones, l'augmentation de grosseur de la tige est toujours en rapport avec la grosseur du bourgeon terminal que possède cette tige.

« Lorsque, dit-il, ce bourgeon ne s'accroît point en grosseur, la tige qui en émane a constamment le même diamètre ; lorsque le bourgeon grossit, la tige grossit également. »

Ces données, dont j'ai eu connaissance après avoir fait mes observations et tiré mes conclusions, viennent corroborer et recommander, par l'autorité de Dutrochet, la théorie que je

(1) Dupetit-Thouars, *Accroissement en diamètre du Dracæna*.

(2) Dutrochet, *Mémoires* t. I, p. 169.

viens de formuler plus haut, relativement aux Dicotylédones.

Les remarques de ce genre sont assurément faciles sur les plantes Monocotylédones, à cause généralement de leur ramification très réduite.

On peut comparer chaque hampe de Monocotylédone à un entre-nœud de Dicotylédone, et ce que viennent d'énoncer Dupetit-Thouars et Dutrochet est applicable.

C'est la ramification, comme je l'ai dit, qui produit et influe particulièrement sur l'accroissement en épaisseur de la partie sous-jacente.

Cette remarque pourrait, sans nul doute, recevoir des applications pratiques, par exemple dans la taille des arbres, en vue de produire un effet ornemental déterminé.

Application à l'influence de l'humidité du sol. — L'humidité a pour effet, ainsi que je l'ai prouvé antérieurement (1), d'augmenter la période de temps pendant laquelle les entre-nœuds inférieurs de la plante peuvent s'accroître.

Les tissus du bas de la plante en sol humide conservent plus longtemps leur vitalité (temps t' au lieu de t). Il s'ensuit :

- 1° Un accroissement en longueur plus considérable;
- 2° Cet accroissement en longueur empêche l'accroissement en diamètre d'agir seul pendant cette période ($t' - t$);
- 3° De plus, comme le bourgeon b , en général, ne s'épanouit que lorsque l'accroissement en longueur de l'entre-nœud inférieur est terminé, il s'ensuit un retard dans son apparition, d'où une avance pour b_1 le bourgeon supérieur de la tige.

Par suite, $\frac{T}{R_1}$ tend à augmenter en s'éloignant de 1.

R_2 conservera ainsi une grande avance et T aura la prédominance sur R_1 . La plante s'accroît en longueur surtout.

L'inverse se produit si la sécheresse fait cesser l'accrois-

(1) Edmond Gain. — *Influence de l'humidité du sol sur la végétation* (Ass. fr. Av. Sc., Congrès de Pau, 1892).

sement en longueur des entre-nœuds, car alors chaque entre-nœud cesse assez rapidement son accroissement en longueur et commence aussitôt son accroissement en diamètre. Le bourgeon terminal est en outre plus gros qu'en sol humide, puisqu'il reste plus longtemps sans se développer. L'accroissement en diamètre en sol sec est d'autant plus fort que la tige se ramifie davantage dans la partie inférieure le cas est fréquent, ainsi que nous l'avons dit, plus haut, à propos de la ramification de la jeune plante en sol sec.

Le résultat final est donc une tige plus haute en sol humide et proportionnellement moins large à la base qu'en sol sec. Si la sécheresse est telle que les bourgeons axillaires ne se développent pas du tout, les entre-nœuds restent courts, mais cependant proportionnellement plus larges qu'en sol humide.

INTENSITÉ DE CROISSANCE TOTALE.

L'intensité de croissance est, dans une certaine mesure, fonction de l'accroissement en poids. Nous avons vu cependant qu'il y avait lieu de faire certaines restrictions. Quand l'optimum d'humidité est dépassé à un certain moment de la végétation, il s'ensuit un arrêt dans l'accroissement en poids et dans la croissance terminale. Pour se rendre compte des différences d'intensité de croissance, il faut donc considérer des plantes qui ne dépassent pas l'optimum pendant toute la végétation.

En mesurant la hauteur finale des tiges avant la dessiccation, on obtient ainsi un rapport entre l'intensité de croissance en sol humide et l'intensité de croissance en sol sec.

Voici, pour les cultures de 1892, les principales valeurs observées :

		Taille maximum. cm.	Taille moyenne. cm.	Rapport H S
<i>Helianthus tuberosus</i> (Topinambour).	TH	300	290	} 1.76
	H	320	300	
	S	180	170	
<i>Avena sativa</i> (Avoine).	TH	143	130	} 1.56
	H	140	123	
	S	90	80	

		Taille maximum. cm.	Taille moyenne. cm.	Rapport. H S
<i>Papaver setigerum</i> (Pavot).	TH	100	95	1.57
	H	110	110	
	S	85	70	
<i>Polygonum Fagopyrum</i> (Sarrasin).	TH	160	130	1.35
	H	160	135	
	S	140	100	
<i>Solanum tuberosum</i> (Pomme de terre).	TH	80	75	1.54
	H	90	85	
	S	60	55	
<i>Brassica Napus oleifera</i> (Colza).	TH	75	70	1.18
	H	65	65	
	S	55	55	

Dans les cultures de 1893, les résultats sont analogues :

		Taille moyenne. cm.	Rapport H S
<i>Artemisia Absinthium</i> (Absinthe).	H	120	4.33
	S	90	
<i>Brassica Napus oleifera</i> (Colza).	H	80	1.23
	S	65	
<i>Faba vulgaris</i> (Fève).....	H	70	2.33
	S	30	
<i>Lupinus albus</i> (Lupin).....	H	60	1.50
	S	40	
<i>Raphanus sativus</i> (Radis).....	H	90	1.12
	S	80	
<i>Polygonum Fagopyrum</i> (Sarrasin).	H	90	1.50
	S	60	
<i>Linum usitatissimum</i> (Lin).....	H	70	2.00
	S	35	
<i>Triticum vulgare</i> (Blé).....	H	100	1.25
	S	80	
<i>Solanum tuberosum</i> (Pomme de ter.)	H	80	1.60
	S	50	
<i>Carthamus tinctorius</i> (Carthame).	H	60	1.50
	S	40	
<i>Lepidium sativum</i> (Cresson alénois).	H	70	1.55
	S	45	
<i>Helianthus tuberosus</i> (Topinambour).	H	285	1.35
	S	210	
<i>Hordeum vulgare</i> (Orge).....	H	90	1.50
	S	60	
<i>Cannabis sativa</i> (Chanvre).....	H	250	2.27
	S	110	
<i>Papaver setigerum</i> (Pavot).....	H	100	1.66
	S	60	
<i>Oenothera biennis</i> (Onagre).....	H	80	1.23
	S	65	
<i>Spilantes fusca</i> (Cresson de Para).	H	35	1.16
	S	30	

Deux conclusions découlent de l'examen de ces chiffres :

1° L'optimum de croissance étant dépassé, l'intensité de croissance diminue en général, mais dans des proportions variables. Les plantes qui résistent bien à l'humidité ou qui sont presque indifférentes aux écarts d'humidité du sol ont un optimum plus élevé.

2° Les plantes qui craignent l'humidité, suivant l'expression courante, ont en général leur intensité de croissance diminuée dans des proportions beaucoup plus importantes, puisque leur santé se ressent davantage d'un excès d'humidité que d'un excès de sécheresse. Dans mes cultures, j'ai pu remarquer justement que ce sont toujours les plantes adaptées à la sécheresse qui résistent mal à l'humidité. C'était un fait prévu, mais qui pouvait ne pas être facile à constater.

La Courge, le Maïs, le Ricin, le Datura, etc., m'ont donné, comme on peut le voir, des différences aussi importantes en sens contraire des premières différences observées plus haut :

				$\frac{H}{S}$
<i>Datura Stramonium</i> (Datura).....	{	H 80	}	0.84
		S 95	}	
<i>Cucurbita Pepo</i> (Courge).....	{	H 180	}	0.60
		S 300	}	
<i>Ricinus communis</i> (Ricin).....	{	H 110	}	0.78
		S 140	}	
<i>Zea Mays</i> (Maïs).....	{	H 135	}	0.77
		S 175	}	
<i>Onobrychis sativa</i> (Sainfoin).....	{	H 20	}	0.66
		S 30	}	

Pour toutes ces plantes l'optimum d'humidité n'est pas très élevé et s'il est dépassé, l'intensité de croissance est diminuée dans des proportions très considérables.

PÉRIODICITÉ DE LA CROISSANCE.

Deux individus d'une même espèce vivant dans les mêmes conditions extérieures, la courbe de capacité de croissance de ses différentes parties est analogue pour tous les deux.

Mais si l'on vient à faire varier une des conditions, on peut observer des différences qui lui sont imputables.

Deux procédés peuvent être employés pour faire ces observations :

1° Tracer pour les individus adultes les courbes de capacité de croissance le long de la tige de bas en haut ;

2° Examiner dans le temps, comparativement, les intensités de croissance totale.

Ces deux procédés doivent donner des résultats concordants.

L'intensité de croissance partielle, ainsi qu'on le peut facilement constater, est une fonction périodique de la distance à la base. « Les divers entre-nœuds qui composent une tige, dit M. Van Tieghem, bien qu'ayant eu tous, à un certain moment, la même longueur, ont finalement acquis des longueurs très différentes. Vers la base, les premiers entre-nœuds formés sont courts et les suivants sont de plus en plus longs, puis vient un entre-nœud qui est le plus long de tous, à partir duquel on rencontre, en s'avancant vers le sommet, des entre-nœuds de plus en plus courts. »

La loi qui vient d'être formulée entraîne comme conséquence que la croissance totale est aussi une fonction périodique du temps. La courbe de la croissance totale est en outre identique à celle de la croissance partielle, ainsi qu'on peut le prouver par le raisonnement (1).

Capacité de croissance des entre-nœuds et des rameaux.
— Pour faire cette étude, qui est laborieuse et des plus monotones, il faut s'astreindre à mesurer les dimensions en longueurs des entre-nœuds d'un grand nombre d'échantillons de plusieurs espèces végétales croissant comparativement en sol sec et en sol humide.

Ce travail est très difficile à exposer avec précision. On se trouve arrêté d'abord par les nombreuses variations individuelles qui masquent le type principal et moyen. En outre, quand on arrive à la comparaison, on ne sait sur quel principe s'appuyer pour mettre en parallèle deux plantes qui,

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique*, p. 33.

n'ayant ni le même nombre d'entre-nœuds ni le même nombre de rameaux, sont très dissemblables d'aspect. Nous avons expliqué plus haut ce qu'il faut penser de l'influence de l'eau du sol sur la ramification et sur l'accroissement en largeur; il en résulte que cette influence peut se manifester très différemment suivant l'espèce et suivant le stade de végétation.

On comprendra donc qu'il serait imprudent d'échafauder de nombreuses conclusions sur un terrain aussi mobile, où souvent l'on pourrait généraliser à tort. Nous nous contenterons de donner quelques exemples qui mettent en relief plusieurs conclusions qui sont très générales, vérifiées dans tous les cas, et sont hors de toute discussion.

Pour les mettre en évidence, on s'est adressé à des tiges non ramifiées, et l'expérience prouve que dans chaque sol les courbes de croissance de plusieurs individus sont très analogues, pour ne pas dire presque identiques.

Voici pour le Sarrasin (*Polygonum Fagopyrum*) les mensurations de la tige d'un pied non ramifié et portant seulement des feuilles alternes.

	SOL SEC.		SOL HUMIDE.		SOL TRÈS HUMIDE.	
	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.
Axe hypocotylé.....	18	»	20	»	37	»
Pétioles des feuilles séminales.....	»	20	»	30	»	35
1 ^{er} entre-nœud.....	30	»	112	»	155	»
Pétiole de la feuille qui y est insérée.....	»	42	»	77	»	85
2 ^e entre-nœud.....	45	»	115	»	115	»
Pétiole de la feuille.....	»	53	»	80	»	60
3 ^e entre-nœud.....	65	»	95	»	120	»
Pétiole.....	»	56	»	65	»	50 (fl.)
4 ^e entre-nœud.....	50	»	60	»	112	»
Pétiole.....	»	50	»	35 (fl.)	»	35
5 ^e entre nœud.....	50	»	15	»	75	»
Pétiole.....	»	23 (fl.)	»	10	»	30
6 ^e entre-nœud.....	30	»	30	»	50	»
Pétiole.....	»	7	»	4	»	10
7 ^e entre-nœud.....	17	»	»	»	25	»
Pétiole.....	»	5	»	»	»	5
	305	306	507	356	689	310

Les trois échantillons ci-dessus sont des types moyens mesurés le 2 juillet, après la floraison, avant la fin de la croissance. Ils indiquent très nettement :

1° Que les parties les plus développées (entre-nœud et feuilles) sont situées plus bas le long de la tige en sol humide qu'en sol sec.

C'est un résultat très général qui est très évident. Si l'on dresse la courbe de capacité de croissance, le maximum est toujours plus près de l'axe des ordonnées pour la courbe de sol humide.

2° Toutes choses égales d'ailleurs, la capacité de croissance pour deux entre-nœuds homologues est plus faible en sol sec.

On peut en dire autant des feuilles. A ce sujet, ayant tracé la courbe de capacité de croissance des différentes feuilles, de la base au sommet, je suis arrivé à un graphique analogue à celui qu'a publié M. Léon Dufour (1). Dans ce travail on trouve cette conclusion que, toutes les autres conditions étant semblables à une plus grande humidité du sol les limbes des feuilles sont plus grands. Cet auteur généralisait trop hâtivement, car ce résultat n'est acquis que si l'on ne dépasse pas l'optimum d'humidité. Cette dernière condition pouvant être très souvent réalisée dans la nature, cette restriction est donc de la plus grande importance.

J'ai déjà insisté sur la division qu'il fallait faire des plantes adaptées naturellement à la sécheresse, et des plantes, au contraire, adaptées à l'humidité. Les résultats sont très différents dans les deux cas, et cependant jamais les auteurs n'ont tenu compte de ces deux points de départ très importants.

L'optimum d'humidité pour une espèce est d'autant plus faible que cette espèce est adaptée davantage à la sécheresse.

De sorte que plusieurs auteurs peuvent soutenir des opinions divergentes sur l'influence de la sécheresse ou de l'humidité.

(1) Léon Dufour, *Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles* (An. sc. nat., Bot., 1887).

Les termes de sécheresse et humidité n'étant que relatifs, une faible teneur du sol en eau peut être pour une plante donnée une humidité exagérée supérieure à son optimum. C'est surtout pour toutes ces plantes dont l'optimum est peu élevé, qu'il est faux de dire avec les auteurs : qu'une trop grande humidité détermine les plantes à pousser en feuilles et en pousses herbacées.

Nous allons le démontrer en examinant les phénomènes de croissance de la feuille :

Les expériences ont porté sur : *Ricinus communis*; *Artemisia Absinthium*; *Brassica Napus oleifera*; *Faba vulgaris*; *Cicuta virosa*; *Rubia tinctorium*; *Lupinus albus*; *Cucurbita Pepo*; *Polygonum Fagopyrum*; *Linum usitatissimum*; *Nicotiana rustica*; *Papaver somniferum setigerum*; *Solanum tuberosum* (5 variétés); *Datura Stramonium*; *Helianthus tuberosus*; *Hordeum vulgare*; *Zea Mays*; *Pisum sativum*; *Phaseolus vulgaris*; *Cannabis sativa*; *Carthamus tinctorius*, etc.

Rapports des dimensions du limbe et du pétiole. — Chez les feuilles pétiolées le rapport de la longueur du pétiole à celle du limbe est différent pour chacune des régions de la tige. La longueur du pétiole est, en effet, sous la dépendance de la capacité de croissance des entre-nœuds.

Je rappelle à ce sujet quelques résultats que j'ai mentionnés déjà (1) :

1° Dans le plan général du végétal, les entre-nœuds varient de longueur suivant les régions.

2° Les régions subissent un déplacement en hauteur, le long de la tige, sous l'action de l'humidité du sol.

3° Le pétiole maximum s'insère toujours sur l'entre-nœud maximum.

Si donc l'on dresse la courbe de capacité de croissance des feuilles en allant de la base au sommet, on trouve une différence importante due à la sécheresse du sol. Le maximum qui correspond au sommet de la courbe est plus près

(1) Edmond Gain, *Influence de l'humidité du sol sur la végétation* (Congrès de Pau. — Ass. fr. Av. sc., 1892).

de la base en sol humide pour les plantes dont l'humidité favorise le développement pendant toute la végétation: le résultat peut être différent si, à un moment donné, l'optimum est dépassé.

Forme du limbe. — La forme générale du limbe est modifiée; mais si cette déformation est générale, elle se manifeste toutefois dans des sens variables suivant les espèces.

Il est cependant un fait qui paraît ne pas offrir d'exception, c'est que la base de la feuille paraît en sol humide douée d'une croissance qui se continue plus longtemps, d'où élargissement des deux parties latérales qui avoisinent le pétiole.

Quand le limbe se prolonge par des filots foliacés sur les parties latérales du pétiole, ces parties sont beaucoup plus développées sur les plantes des sols humides (*Datura*, *Solanum*).

Les dentelures de la feuille sont toujours accentuées par la sécheresse du sol et plus pointues (*Carthamus*, *Datura*).

Quand l'extrémité de la nervure médiane se prolonge par une petite épine terminale, celle-ci est toujours accentuée sur un sol sec, tandis qu'elle émerge à peine du limbe sur la plante du sol humide (*Faba*).

Les feuilles subissent chez beaucoup de plantes une variation de forme depuis la base de la tige jusqu'au sommet. Il est donc nécessaire, pour établir la comparaison des feuilles des plantes de sol sec et des feuilles des plantes de sol humide, de s'adresser à des feuilles occupant des positions homologues sur la tige.

Les feuilles comparables diffèrent entre elles. Les différences s'exagèrent d'autant plus que l'on se rapproche davantage du sommet de la plante.

Les deux tableaux suivants indiquent des faits intéressants relativement à cette question: on y trouve les dimensions du limbe et le rapport de la longueur à la largeur, qui donnent des renseignements importants au point de vue de la forme générale du limbe.

Faba vulgaris.

N ^{os} DES FEUILLES	SOL SEC.			SOL HUMIDE.		
	LONGUEUR.	LARGEUR.	A/ B.	LONGUEUR.	LARGEUR.	A ¹ /B ¹ .
	A.	B.		A ¹ .	B ¹ .	
	millim.	millim.		millim.	millim.	
1	26	18	1,44	39	32	1,21
2	35	20	1,75	34	29	1,17
3	35	20	1,75	35	23	1,52
4	36	20	1,80	35	20	1,75
5	37	19	1,94	38	20	1,90
6	39	17	2,29	45	27	1,66
7	29	15	1,93	42	26	1,62
8	30	14	2,14	47	24	1,95
9	30	14	2,14	51	24	2,12
10	30	12	2,50	57	25	2,28
11	33	12	2,75	57	26	2,19
12	35	12	2,91	57	26	2,19
13	34	12	2,83	48	23	2,08
14	31	10	3,10	41	20	2,05

On voit, dans le tableau relatif aux feuilles du *Faba vulgaris*, que pour deux feuilles homologues A est ordinairement $< A^1$ et $B < B^1$; mais les différences entre A et A^1 , d'une part, et B et B^1 , d'autre part, varient suivant les diverses feuilles.

De plus, si on fait le rapport de la longueur à la largeur, on voit que ce rapport est très différent pour les deux catégories de feuilles. Ainsi, pour la feuille n° 1 le rapport de la longueur à la largeur est de 1,44 en sol sec et de 1,21 en sol humide. Dans le premier cas, par conséquent, la feuille est plus effilée que dans le second.

En outre, on peut dire, d'une façon générale, que cette déformation s'accroît de la base au sommet de la plante, et plus dans le sol sec que dans le sol humide. Cette conclusion peut être étendue à la plupart des plantes qui bénéficient de l'humidité du sol pendant toute leur végétation.

Dans le tableau suivant on a pris des feuilles homologues

dans dix régions de la tige numérotées en allant de bas en haut (plante fleurie).

Carthamus tinctorius.

N ^{os} DES RÉGIONS DES FEUILLES, DE LA BASE DE LA PLANTE à S O N S E R R E S	SOL SEC.			SOL HUMIDE.		
	LONGUEUR	LARGEUR	SURFACE en cm ² .	LONGUEUR	LARGEUR	SURFACE en cm ² .
	millim.	millim.		millim.	millim.	
1	72	22	9,15	40	9	1,95
2	68	19	6,10	49	10	3
3	65	18	5,25	52	18	6
4	53	14	5,01	67	29	10,25
5	44	10	4,10	54	28	8,55
6	42	10	3,90	52	28	8,25
7	29	11	2,10	38	18	3,75
8	15	5	1	15	12	1,50
9	14	4	0,75	9	7	0,90
10	15	3	0,50	10	6	0,50

On voit, par l'examen des chiffres du tableau, que, pour le *Carthamus tinctorius* :

L'optimum d'humidité du sol varie suivant l'âge de cette plante. Pendant la première période du développement, en effet, un sol relativement sec favorise le développement foliaire, et, par la suite, au contraire, les feuilles bénéficient d'une grande humidité.

Ces mensurations ne donnent, du reste, qu'une idée incomplète des déformations, car deux feuilles ayant même longueur et même largeur peuvent cependant différer de forme suivant la position de l'axe transversal qui est le plus grand.

Les feuilles composées ont souvent un nombre de folioles plus petit en sol sec (Lupin et quelques folioles restent plus petites. (Voyez Pl. IV, fig. 1 et 2.)

Certaines feuilles qui ne possèdent pas d'ailes à leur base, de chaque côté du pétiole, traduisent en général leur grande

turgescence par un accroissement au sommet; la feuille, au lieu d'être ovale allongée, devient alors arrondie et élargie à son sommet (feuilles à développement basifuge).

En règle générale, la croissance est telle que la feuille tend à devenir aciculaire quand la plante s'est complètement développée sur un sol trop sec.

Surface. — Les auteurs s'accordent tous pour affirmer que l'humidité du sol exagère la surface des feuilles.

J'ai indiqué précédemment combien cette conclusion est peu exacte.

Voici deux séries de plantes où les résultats sont contraires par suite des exigences spécifiques.

(La surface de la feuille du sol sec est prise comme unité et représentée par 100.)

SURFACES DE FEUILLES COMPARABLES PRISES SUR DES PLANTES					
DE SOL SEC ET DE SOL HUMIDE					
PLANTES	SOL SEC	Sol humide	PLANTES	SOL SEC	Sol humide
<i>Solanum tuberosum</i>	100	133	<i>Cucurbita Pepo</i>	100	58
<i>Hordeum vulgare</i> ..	100	240	<i>Datura Stramonium</i>	100	63
<i>Faba vulgaris</i>	100	260	<i>Ricinus communis</i>		
<i>Polygonum Fagopyrum</i>	100	143	(jeune).....	100	91
<i>Papaver somniferum</i>	100	350	<i>Carthamus tinctorius</i> (jeune)....	100	83
<i>Lupinus albus</i>	100	170	<i>Zea Mays</i>	100	27
<i>Carthamus tinctorius</i> (âgé).....	100	343	<i>Polygonum saccharinum</i>	100	64
			<i>Symphytum asper- rimum</i>	100	72

Parties accessoires. — *Stipules.* — Ces organes sont toujours beaucoup plus développés dans les plantes des sols humides.

Le tableau suivant donne un exemple des différences observées chez le *Lupinus albus*.

Lupinus albus.

N ^{os} DES FEUILLES DE LA BASE AU SOMMET		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LONGUEUR	Sol sec	8	8	12	10	10	10	12	12	13	14	13	10
DES STIPULES EN MILLIMÈTRES	Sol Humide	13	14	19	17	22	16	13	17	18	16	21	14

Chez le Lupin, les stipules participent, comme on le voit, à peu près dans les mêmes proportions, au développement du limbe.

On peut constater, en outre, que le stipule de longueur maximum se trouve beaucoup plus bas le long de la tige en sol humide et suit, par conséquent, la même loi que celle de la capacité de croissance des entre-nœuds et des feuilles.

DURÉE DE LA CROISSANCE.

La croissance de la plante comprend, comme on le sait, la croissance terminale, la croissance intercalaire de la tige et de la racine, et la croissance des ramifications (feuilles, radicelles).

On peut conclure de l'observation et de plusieurs expériences :

1° La croissance terminale de la tige est celle qui subsiste la dernière quand pour cause de sécheresse les autres croissances sont arrêtées;

2° Quand par suite d'une absorption insuffisante d'eau ou d'une transpiration excessive, l'eau vient à diminuer dans la partie aérienne, les feuilles cèdent de l'eau à la tige. Ces organes se fanent, mais ne se dessèchent pas.

Si le manque d'eau continue à se faire sentir, la racine cède à son tour l'eau qu'elle renferme; cette eau continue à empêcher les feuilles fanées de se dessécher et permet au sommet de la tige de conserver assez d'eau pour ne pas périr.

Si l'eau ainsi fournie par la racine est insuffisante, on voit alors les feuilles se dessécher, une fois cette dessiccation commencée elle se continuera et aucune des feuilles ne reprendra sa vitalité.

Si, pendant cette dessiccation, on rend en abondance de l'eau à la racine, celle-ci a conservé au contact des particules du sol des parties vivantes qui peuvent absorber l'eau. La tige peut ainsi relever sa proportion centésimale d'eau et continuer sa croissance terminale. Elle pousse alors de nouvelles feuilles, mais toutes les anciennes feuilles tombent, des plus anciennes aux plus jeunes.

Si la dessiccation des feuilles n'a pas été assez forte pour dépasser la *fanaison*, la croissance n'en est pas moins arrêtée et les feuilles même jeunes restent petites, tandis que celles qui vont se développer seront beaucoup plus grandes.

Quand il y a peu d'eau dans le sol la croissance est donc non seulement ralentie, mais encore limitée.

Pour une espèce donnée une feuille qui apparaît à un certain stade de la végétation dispose d'un certain nombre de jours pour s'accroître. Si la croissance est très lente, la taille sera petite à la fin de cette période de croissance. A ce moment, si on fait cesser la cause qui ralentissait la croissance, on n'influe plus sur la croissance, puisque celle-ci est normalement terminée. Ce fait a été mis en évidence par deux expériences, l'une portant sur des feuilles l'autre sur des fruits.

Première expérience (sur la croissance des feuilles). — *Linum usitatissimum*.

On compare la taille maximum des feuilles obtenues à différentes hauteurs sur 3 cultures de Lin :

1° La première a été maintenue en sol très humide pendant toute la végétation ;

2° La seconde a été maintenue en sol sec pendant toute la végétation ;

3° La troisième a végété d'abord en sol sec jusqu'à la floraison, puis a continué à végéter en sol humide. C'est un ar-

rosage ou une pluie naturelle qui peut amener ce changement.

J'ai ensuite répété plusieurs fois l'expérience.

Si on divise la tige en dix régions de 5 centimètres environ en prenant pour chacune une feuille type on obtient les trois séries qui sont représentées Planche I, fig. 4, 5, 6.

Les dessins sont faits d'après des empreintes de feuilles et sont en grandeur naturelle.

Dans la série I, les deux feuilles 1^{re} et 2^{me} de la base ont 20 à 25 centimètres de longueur, et les autres (3^{me} à 10^{me}) jusqu'en haut atteignent 30 millimètres.

Dans la série II, les deux de la base ont 5 à 6 millimètres, et les autres 6, 7 et 8 millimètres.

Dans la série III, les feuilles de 1^{re} à 5^{me} sont comme en II, et les feuilles 6, 7, 8, 9 atteignent les longueurs suivantes :

La sixième.....	12 ^{mm}
La septième.....	17 ^{mm}
La huitième.....	20 ^{mm}
La neuvième.....	20 ^{mm}

La dixième feuille qui se formait au moment même de l'expérience a atteint 26 à 28 millimètres, et cependant le poids de la plante est beaucoup plus faible qu'en sol humide.

Les conclusions à tirer de cette expérience sont relatives à la fois à la durée de croissance, à la capacité de croissance et à la limite de croissance.

Les feuilles 5, 4, 3... sont restées insensibles à l'action de l'eau, leur durée de croissance était donc terminée au moment de l'expérience, la sécheresse avait limité leur croissance à une taille très petite (7 millimètres environ). Les feuilles 6, 7, 8, 9, au contraire, étaient avant la pluie à peu près de la taille de 4 et 5, mais elles n'avaient pas complètement atteint leur limite finale de croissance, l'arrivée de l'eau a prolongé leur durée et leur capacité de croissance, dans des proportions inégales.

La feuille 6 atteint en effet 12 millimètres, puis ne dépasse pas cette longueur, la feuille 7 peut arriver à 17 millimètres et les feuilles 8 et 9 vont jusqu'à 20 millimètres.

Cette dernière longueur est inférieure de $\frac{1}{3}$ à la taille maximum des feuilles de la série I, mais cette taille est presque atteinte par la feuille 10 formée plus tard et qui ne subit pas l'influence de la sécheresse antérieure.

Ainsi, pour la plante de *sol sec arrivée à floraison* :

1° La limite de croissance est atteinte dans les deux tiers de la tige et de ses dépendances ;

2° L'accroissement ultérieur sera localisé dans le tiers supérieur ;

3° Cet accroissement est limité par un état de réceptivité, qui résulte du régime antérieur de la plante.

L'accroissement centrifuge des rameaux sera limité par l'état de la tige à la floraison ; jamais on ne verra de rameaux apparaître au-dessous de la 6^{me} région.

En *sol humide* au contraire la durée de croissance est plus longue pour chaque entre-nœud et pour ses dépendances, on peut voir apparaître des rameaux dont le développement centrifuge commence en 10 pour descendre quelquefois jusqu'en bas.

L'expérience faite sur le Lin l'a été aussi sur le Chanvre (*Cannabis sativa*). Les conclusions qui en sont la conséquence ont été, en outre, observées sur le Topinambour (*Helianthus tuberosus*), le Pavot (*Papaver setigerum*), etc.

Deuxième expérience (sur la croissance des fruits). — *A. Capsella Bursa-pastoris*.

La comparaison et les conditions de l'expérience sont les mêmes que dans l'expérience précédente.

L'inflorescence que nous donnons (Planche I, fig. 1, 2, 3) représente la série III où l'humidité exerce son action à partir d'un certain moment de la végétation, pendant la fructification.

L'action de la sécheresse se manifeste avant l'expérience :

1° Par le rapprochement des pédoncules floraux qui sur l'axe sont insérés en grappe serrée ;

2° Par la taille réduite des fruits. Les fruits sont d'autant

plus petits qu'ils sont plus près du sommet du rameau.

Après l'expérience, l'arrivée de l'eau n'influence nullement les fruits déjà formés. Un seul fruit indique la transition, ce fruit représente la feuille 10 de l'expérience précédente : il était à peine formé au moment de l'arrivée de l'eau, mais au-dessus, sous l'influence de l'humidité du sol :

1° Les pédoncules floraux sont espacés, ce qui indique un accroissement intercalaire de l'axe de l'inflorescence ;

2° Les fruits atteignent tous une grande taille. Cette taille est égale à celle des fruits de la série I. Dans la série II, les inflorescences restent comme à la partie inférieure de III, et la taille maximum des fruits ne dépasse pas celle du fruit M de la série III.

B. *Lupinus albus*.

Pour le Lupin, la série I possède des fruits qui ont 9 centimètres de longueur sur 1^{cm},8 de largeur, les graines sont nombreuses. (Pl. IV, fig. 7).

La série II a des fruits très petits, dont la plupart ne dépassent pas 2^{cm},5 sur 0^{cm},6. Ils sont arrêtés dans leur développement par la sécheresse et les graines ne pourront se développer normalement ; une seule graine par fruit accapare en général les réserves. Les fruits étaient petits, mais certaines graines étaient presque mûres. (Pl. IV, fig. 8.)

L'eau survenant à ce moment sur le sol sec détermine une anomalie curieuse.

L'eau en arrivant dans la plante n'agit plus sur l'accroissement du fruit. Nous avons ainsi vu les feuilles du Lin des régions 1 à 5 rester insensibles à l'action de l'eau.

Mais à ce moment la graine est capable de profiter encore de l'eau qui abonde dans la plante et dont le courant est dirigé vers le fruit.

Le fruit ne pouvant plus se distendre et s'accroître, c'est la graine qui s'accroît et se gonfle rapidement. En deux ou trois jours, les graines ont triplé de volume. Sous l'influence de la pression de la graine la paroi du fruit s'applique exac-

tement sur la graine et présente un aspect très anormal (Voyez Planche IV, fig. 9).

Comme en général en sol sec, il y a une ou deux graines seulement par fruit, on voit le fruit garder vers le haut et vers le bas sa forme ordinaire, il est seulement dilaté et distendu fortement en face des graines.

J'ai obtenu aussi cette anomalie chez le Colza et le Radis. Comme sur un même pied tous les fruits ne sont pas au même stade de leur développement, il arrive fréquemment que quelques-uns seulement réalisent cette déformation tératologique.

Si les fruits sont plus âgés ils restent insensibles à l'arrivée de l'eau, s'ils sont trop jeunes leur croissance continue régulièrement et aboutit à la formation d'un fruit analogue à celui de sol humide.

Dans tous les cas, on voit combien l'action de l'eau sur un organe est variable suivant le moment où elle s'exerce.

Les effets en sont très différents selon le stade du développement de chaque organe; si l'on remarque qu'il existe sur une plante des parties ayant des âges très différents (entre-nœuds, rameaux, feuilles, fruits), on se rend compte de la complexité des résultats morphologiques produits par l'arrivée de l'eau.

C'est une des causes qui interdisent au cours de ce travail, soit de détailler trop les résultats expérimentaux, soit de généraliser outre mesure à toutes les plantes, les conclusions obtenues sur quelques-unes seulement.

Cette remarque expliquera pourquoi dans certains cas nous avons dû donner des statistiques et des moyennes ou même seulement indiquer la marche générale du phénomène au lieu de le détailler.

Nous avons constaté, pour la racine comme pour la tige, qu'en H la croissance se continue régulièrement. La pluie survenant sur un sol sec produit des ramifications terminales nombreuses qui augmentent le nombre des fleurs.

Cette remarque expliquera des différences de morpholo-

gie externe. La plante de sol sec ne conserve guère que sa partie supérieure en voie de croissance, les parties inférieures étant desséchées. Quand l'eau survient, il y a donc production au sommet de ramifications en ombelles, ce sont les seules possibles.

Dans le sol humide, au contraire, la capacité de croissance dure plus longtemps, ainsi que nous l'établissons. Les pousses tardives peuvent donc apparaître le long de la tige à différentes hauteurs et élargir les contours de la plante qui devient moins élancée, tandis qu'en sol sec elle devient capitée et paraît plus grêle.

Cette influence est dualistique des différences qui se manifestent au début du développement.

Pendant la première période de croissance, on voit en effet que la plante de sol sec a une tendance à se ramifier en largeur, tandis que la plante de sol humide s'accroît surtout et très rapidement en hauteur.

Ainsi pour nous résumer :

1° La sécheresse tend à forcer la plante à se ramifier, *jeune* et à la *base*.

2° L'humidité tend à ramifier la plante quand elle est *adulte*.

a. Si elle agit sur une plante de sol sec, la ramification se fait tout à fait à la partie *supérieure*.

b. Si elle agit sur une plante de sol humide, la ramification se fait à la partie *inférieure moyenne et supérieure*, elle est *centrifuge*.

Un exception vient encore compliquer l'observation simple et les conclusions générales : c'est celle des plantes qui sont rampantes, émettent des stolons ou peuvent taller comme les Céréales.

Pour cette catégorie de plantes, qui sont en relation avec la surface même du sol, l'humidité est un facteur important de leur ramification.

Exemples : *Convolvulus*, différentes Graminées,... etc...

Le tallage est d'autant plus abondant en sol humide pour

les Céréales que ces plantes ne possèdent pas un autre moyen d'employer la vigueur qui résulte d'une végétation active.

Quand un *Helianthus tuberosus*, par exemple, est plus vigoureux qu'un autre, il peut, d'une part, pousser des rameaux qui consomment, par leur croissance, une partie de la substance sèche, et d'autre part, emmagasiner le surplus dans ses tubercules.

Pour une Céréale au contraire, si la substance sèche se produit plus abondamment comme il arrive en sol humide, en dehors des feuilles qui peuvent se développer davantage, l'excédent élève la proportion de poids sec, et par suite avance la fin de la végétation, ce surplus sert aussi à développer les seules ramifications possibles : les tiges issues du tallage.

Nous pouvons donc déjà prévoir que ce qui diminue la durée de la végétation, c'est la diminution de la proportion d'eau interne.

Or, cette diminution peut être amenée par deux causes bien différentes :

1° *Sur un sol humide*. — Il suffit que la plante soit dans l'impossibilité d'employer l'excédent de substance sèche qui est produit abondamment ;

2° *Sur un sol sec*. — D'abord à cause des pertes dues à la transpiration et non compensées par l'absorption. Ensuite, si la végétation suivant son cours, la plante arrive à floraison, ce phénomène est suivi d'une très rapide dessiccation, faute d'eau pour réparer les pertes d'eau interne.

Enfin, sur un *sol sec*, si la privation d'eau est telle que la plante soit très retardée dans son développement, la floraison peut être retardée assez longtemps. Comme simultanément la plante de sol humide a fleuri, puis commencé à se dessécher, il arrive que la plante de sol humide a une végétation plus courte que la plante de sol sec. Ce fait est fréquent (Orge, Lin...).

Nous pouvons donc établir les conclusions suivantes :

1° L'humidité du sol, en favorisant le développement de la plante en poids, accélère la végétation, surtout si la plante ne peut pas produire de nombreux rameaux.

2° Pour les plantes qui fleurissent sensiblement en même temps, dans le sol sec et dans le sol humide, la durée de la végétation est toujours plus courte en sol sec.

3° Si la plante de sol sec est assez ralentie dans son développement pour fleurir plus tard qu'en sol humide, très souvent la durée de la végétation sera aussi courte ou plus courte en H qu'en S.

On s'explique par ces quelques conclusions que la suppression des rameaux soit un moyen de hâter la floraison d'une plante. En supprimant les rameaux on force la proportion centésimale de poids sec à s'élever, et par suite on hâte la fin de la végétation.

On comprend aussi pourquoi, en général, les plantes des sols secs ou des régions sèches ont un cycle végétatif assez court. C'est qu'elles périssent en général aussitôt après la floraison, et ne produisent ordinairement qu'une seule génération de fleurs. Les mêmes espèces en sols humides peuvent au contraire continuer à croître longtemps après la première floraison, et donner d'autres générations de fleurs, alors que les individus de sols secs sont complètement desséchés. L'habitude de voir ainsi une espèce porter des fleurs en H, alors que depuis longtemps en S toutes les fleurs sont passées, n'a certainement pas peu contribué à faire croire que la sécheresse hâtait beaucoup la floraison, et que l'humidité la retardait.

Il est en effet admis par les auteurs que la sécheresse avance la floraison et que l'humidité la retarde (1).

Nulle part on ne trouve d'expériences précises pouvant établir cette sorte d'aphorisme qui est basé en grande partie sur une observation peu exacte.

D'une part on admet que le développement foliaire nuit au

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique*, page 913.

développement des fleurs, et c'est en outre un fait bien constaté que les récoltes sont plus tardives dans les années pluvieuses (1). Mais une année pluvieuse manifeste autrement ses effets que par une simple élévation du taux d'eau interne :

Elle diminue la quantité de chaleur et de lumière reçues et modifie complètement la transpiration qui est corrélative de l'augmentation de poids sec.

En un mot l'air humide agit très activement concurremment avec l'humidité du sol.

On peut même dire que le rôle de l'air et le rôle du sol sont dualistiques.

Si l'on examine les causes qui influent sur la transpiration, l'assimilation et la respiration, on trouve, en effet, que pour la végétation, l'optimum consiste dans un air sec et un sol humide.

L'air humide diminue la transpiration et aussi l'assimilation en diminuant la chaleur reçue.

Le sol humide, au contraire, augmente la transpiration : L'absorption est beaucoup plus forte (2) et la surface de transpiration est plus grande. Nous avons vu également que l'humidité du sol est favorable à la nutrition en général, puisque l'eau est un aliment et un moyen de transport des éléments fertilisants du sol.

On constate de même une opposition complète entre l'influence du sol sec et l'influence de l'air sec.

L'air sec en effet favorise la transpiration de la plante, active l'évaporation du sol et par suite son aération. La sécheresse de l'air augmente aussi la quantité de chaleur reçue, et par suite favorise l'assimilation.

Le sol sec, au contraire, est nuisible à la transpiration, puisqu'il diminue beaucoup l'absorption et les surfaces de transpiration. L'assimilation est aussi entravée, puisque la

(1) Il est facile de s'en rendre compte en comparant les statistiques publiées par l'*Annuaire de Montsouris* (1882-86), et par les renseignements publiés dans la feuille mensuelle du Ministère de l'Agriculture.

(2) Edmond Gain, *Action de l'eau du sol sur la végétation* (*Revue générale de botanique*, janvier 1895).

nutrition des racines est defectueuse. Comme en général dans la pratique on constate la résultante de deux influences qui peuvent s'additionner ou se contrarier, l'observation est insuffisante pour expliquer le rôle de chacun de ces facteurs.

Nous avons séparé leur action expérimentalement.

1. *Expériences à l'air ordinaire (air sec des étés 1892-1893).*

Les cultures ont fleuri ordinairement plus tôt en sol humide qu'en sol sec ainsi qu'on le voit dans le tableau suivant (cultures de 1892 au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau).

Il faut comparer surtout dans ce tableau le sol humide avec le sol sec. Le sol très humide, ayant dans quelques cas dépassé l'optimum, a pu produire un retard.

	SOL TRÈS HUMIDE		SOL HUMIDE		SOL SEC	
	Ouverture des bourgeons flo- raux	Épanouisse- ment des fleurs	Ouverture des bourgeons flo- raux	Épanouisse- ment des fleurs	Ouverture des bourgeons flo- raux	Épanouisse- ment des fleurs
<i>Avena sativa</i> ...	17 juillet	26 juillet	18 juillet	27 juillet	19 juillet	28 juillet
<i>Polygonum Fa-</i> <i>gopyrum</i>	"	20 juin	"	21 juin		22 juin
<i>Medicago sa-</i> <i>tiva</i>	30 juillet	9 août	14 août	20 août	11 août	20 août
<i>Papaver setige-</i> <i>rum</i>	26 juillet	6 août	28 juillet	2 août	27 juillet	7 août
<i>Phaseolus vul-</i> <i>garis</i>	2 juillet	6 juillet	1er juillet	6 juillet	3 juillet	7 juillet
<i>Delphinium</i> <i>Consolida</i> ...	14 août	19 août	"		20 août	26 août
<i>Solanum tube-</i> <i>rosum</i>	8 juillet	13 juillet	6 juillet	11 juillet	7 juillet	11 juillet
<i>Helianthus tu-</i> <i>berosus</i>	"	21 septembre	"	20 septembre		26 septembre
<i>Linum usitatissimum</i>	"	20 juin		21 juin		6 juillet

Peut-être pourrait-on alléguer que la floraison est successive et qu'il est difficile d'indiquer une date moyenne de floraison. Pour répondre à cette critique, j'ai noté pour le Pavot la succession des fleurs dans un carré (1).

(1) On sait que, pour le Pavot, le fruit est formé quand la fleur s'épanouit. La corolle tombe quelques heures après l'épanouissement. On peut

Voici les résultats :

	Nombre des capsules.	
	Sol humide.	Sol sec.
3 août.....	5	0
5 —	20	0
7 —	32	0
12 —	60 *	8
17 —	86	13
18 —	97	22
19 —	107	31 *
20 —	115	48
23 —	120	61
30 —	130	70

On constate qu'au 13 août la moitié des fruits sont formés en sol humide alors que les premiers seulement apparaissent en sol sec. Ce n'est que le 19 ou le 20 août qu'on observe la moitié des fruits en sol sec.

Les résultats sont les mêmes pour les cultures de 1893, mais on a constaté, pour les raisons déjà indiquées, quelques plantes dont la végétation a été abrégée par la sécheresse ou d'autres dont l'optimum d'humidité du sol était dépassé et qui par suite ont subi un retard (Ricin, 2 variétés de *Solanum tuberosum*).

C'est ce qu'indique le Pavot et le *Solanum tuberosum* pour le sol très humide (Voyez tableau page 172).

La conclusion, c'est que toutes les conditions de l'air humide, mises à part, le sol humide ne retarde pas la floraison. Au contraire, il arrive souvent que le cycle végétatif est accéléré, le maximum de croissance est atteint plus tôt et la floraison plus hâtive (Orge, Avoine, Lin, Lupin, Pavot, etc.).

Toutes les conditions étant égales d'ailleurs, si la floraison arrive plus tard, c'est ordinairement que l'optimum est dépassé. Ajoutons que, sur un sol perméable, un été très pluvieux ne produit pas ordinairement pour la plante, une humidité qui dépasse l'optimum. L'air n'est pas très humide

donc baser l'observation du nombre des fleurs apparues, sur le nombre des capsules qu'on peut compter chaque jour dans un carré.

pendant un été chaud si les jours de pluie sont peu nombreux.

2. *Expériences comparatives dans l'air sec et dans l'air humide.*

Nous avons expérimenté : A. Sur les fleurs d'un même pied.
B. Sur des plantes différentes.

A. *Nicotiana Tabacum*. Voulant déterminer l'action de l'air sec et de l'air humide, on a introduit dans des cloches semblables (Voy. Pl. III, fig. 1, 2), deux rameaux portant des fleurs de Tabac en bouton. Un rameau témoin se trouvait au dehors dans l'air d'une serre.

Sous l'une des cloches on plaçait un vase contenant de l'acide sulfurique qu'on renouvelait de temps à autre. De la ouate bouchait l'ouverture supérieure sans blesser le rameau qui est fragile.

L'autre cloche reposait sur l'eau, de sorte que l'humidité ruisselait sur les parois et indiquait la saturation de l'air.

Dans ces expériences on voyait les boutons floraux s'ouvrir bientôt les uns après les autres dans l'air sec, devant l'ouverture des fleurs extérieures. Dans la cloche renfermant l'air humide on obtenait avec peine une ou deux fleurs qui fleurissent très tardivement. Quelques boutons tombaient sans s'ouvrir.

L'expérience indiquait clairement :

1° Que l'air très sec hâte la floraison ;

2° Que l'air humide est au contraire très défavorable et retarde l'épanouissement des fleurs.

B. *Lupinus albus*. De hautes cloches de verre de 1 mètre de hauteur ont été disposées dans une serre ; d'un côté l'air était saturé d'humidité ; de l'autre du chlorure de calcium et de l'acide sulfurique maintenaient le degré hygrométrique à un minimum très faible indiqué par un hygromètre.

L'expérience a porté d'abord sur le *Lupinus albus* et les échantillons en pots ont été placés sous les cloches aussitôt l'apparition des bourgeons floraux. Le pot était vernissé et recouvert d'une plaque de verre pour empêcher l'humidité

de se transmettre à l'air, et un dispositif spécial permettait l'arrosage (Voy. Pl. III, fig. 3).

L'opération ayant lieu dans une serre tempérée, la température, vérifiée du reste, est restée sensiblement égale dans les deux cas, et l'influence de l'air humide sur l'éclairement peut être considérée comme négligeable.

Dans une expérience parallèle, à l'air libre, d'autres Lupins végétaient comme les premiers dans une terre riche en humus, où l'humidité du sol est restée pendant toute la végétation, les uns en sol sec 7 à 8 p. 100 d'eau, les autres en sol humide, 18,5 à 25 p. 100 du poids de la terre.

Voici les dates de floraison pour les quatre lots :

(1)	Air sec, sol sec.....	16 septembre.
(2)	Air libre, sol sec.....	28 —
(3)	Air humide, sol humide.....	21 —
(4)	Air libre, sol humide..	17 —

Ce qu'on peut déduire des expériences 1 et 2, c'est que l'air sec a beaucoup avancé la floraison (12 jours).

Les expériences 3 et 4 montrent au contraire que l'air humide retarde la floraison (4 jours).

Or nous avons indiqué précédemment les effets du sol humide : il accélère ordinairement la végétation et par suite hâte la floraison.

Les mêmes expériences ont été faites avec le *Datura Stramonium*. (Voyez Planche III, fig. 3.)

Il résulte donc de ces expériences :

Que la floraison se trouve retardée soit par le sol sec, soit par l'air humide, et qu'elle se trouve au contraire hâtée soit par l'air sec, soit par le sol humide.

Les deux facteurs qui retardent la floraison ne sont guère réalisés que dans les pays brumeux sur des sols peu hygroscopiques et très perméables. Dans ce cas, la chaleur reçue est considérablement amoindrie, ce qui accentue encore le retard dans la végétation.

On peut trouver par contre très souvent réunis l'air hu-

mide avec le sol humide (années pluvieuses et sols peu perméables), ou bien l'air sec et le sol sec (années sèches, contrées chaudes). Dans le premier cas, le retard causé par l'air humide l'emporte de beaucoup sur l'avantage procuré par le sol humide, et la floraison est très tardive. Dans le second cas, l'avantage considérable produit par l'air sec produit une floraison plus précoce.

Enfin les deux conditions favorables peuvent être réalisées dans toutes les contrées méridionales, et même partout pendant les années relativement sèches, ce résultat s'obtient par les irrigations. La plante bénéficiant alors d'un air sec et d'un sol humide les résultats sont surprenants. La floraison est alors activée d'une façon considérable et trois végétations peuvent se succéder là où sans le sol humide on n'aurait obtenu que une ou deux végétations complètes.

L'influence de l'humidité sur la floraison, phénomène le plus important de la vie végétale, peut donc se classer ainsi :

Air sec, très favorable à la floraison.

Sol humide, favorable à la floraison.

Sol sec, défavorable à la floraison.

Air humide, très défavorable à la floraison.

Variation de la croissance dans le temps. — L'examen journalier de la hauteur des tiges en sol sec et en sol humide indique très nettement que l'eau abondante accélère la croissance, mais cette accélération n'est pas identique pendant toute la période de croissance.

Prenons comme exemple une culture comparée de Sarrasin faite en 1892.

Le 20 juin après un mois de végétation, le *Polygonum Fagopyrum* avait une tige ayant les longueurs suivantes :

Sol très humide	=	18 cm.
— humide	=	11
— sec	=	6

Douze jours après (2 juillet), alors que la végétation était

en pleine activité, j'ai observé comme longueur moyenne des tiges :

Sol très humide	= 70 cm.
- humide	= 49
- sec	= 30

A la fin de la végétation pendant la fructification on trouvait le 15 août :

Sol très humide	= 120 cm.
- humide	= 115
- sec	= 100

Le simple examen de ces trois étapes va nous permettre de tirer les conclusions qui se rapportent à l'influence de l'humidité du sol :

Au 20 juin	$S_{TH} = 3S_s$	$S_H = \frac{55}{30} S_s$	$S_{TH} = \frac{882}{539} S_H$
Au 2 juillet	$S_{TH} = 2.3 S_s$	$S_H = \frac{49}{30} S_s$	$S_{TH} = \frac{770}{539} S_H$
Au 15 août	$S_{TH} = 1.2 S_s$	$S_H = \frac{34}{30} S_s$	$S_{TH} = \frac{562}{539} S_H$

Il est très visible que du 20 juin au 15 août les différences dans l'intensité de croissance ont été sans cesse en diminuant. De sorte que les différences maxima se sont produites vers le 20 juin ou un peu avant.

Or, au départ la différence était nulle, les plantules étant issues de graines semblables. La différence a donc augmenté pendant un certain temps pour atteindre le maximum qui correspond à $S_{TH} = 3 S_s$, puis elle a décro. On voit donc que l'humidité exerce son action maximum pendant la première partie de la végétation. C'est à ce moment-là que l'optimum d'eau interne est le plus élevé. Il correspond sensiblement au point indiqué sur les courbes du développement en poids comme correspondant au minimum de la proportion centésimale du poids sec.

La conclusion est précise : un excès d'eau avant cette période n'est pas avantageux et plutôt nuisible, l'abondance

d'eau à ce moment est extrêmement profitable à la plante, après ce stade l'excès d'eau est moins utile et peut même être nuisible.

Seulement, comme avant la floraison il y a un accroissement en poids très rapide, la consommation exige des réserves d'eau abondante dans le sol, mais non pas dans la plante. A ce moment-là si le poids sec centésimal interne s'élève trop rapidement la plante est arrêtée dans son développement, mais si, à mesure, la consommation est alimentée par l'eau du sol, la plante profite énormément de l'humidité.

Ainsi il y a dans la vie de la plante deux moments où elle bénéficie très sérieusement de l'eau de sol :

1° Au moment du maximum physiologique du contenu centésimal en eau interne.

2° Avant la floraison au moment du rapide accroissement en poids.

Entre ces deux étapes le sol peut contenir très peu d'eau sans causer à la plante un préjudice sérieux.

Au contraire, il y a bénéfice pour la plante à jouir dans l'intervalle de périodes de sécheresse relative. Pendant ce temps elle acquiert dans ses feuilles plus de chlorophylle et une chlorophylle plus active, elle se prépare en outre à passer facilement les deux périodes de crise que nous avons signalées, périodes qui dans les deux cas correspondent à un affaiblissement général visible, parfois par une diminution du poids total, et toujours au moins par une diminution du poids de la racine.

Ajoutons que des expériences sur de nombreuses plantes viennent confirmer ces données, nous citerons seulement encore quelques exemples :

Avena sativa (hauteur des tiges).

	Sol très humide.	Sol humide.	Sol sec.	$\frac{TH}{S}$	$\frac{H}{S}$
Le 2 juillet	32 cm.	28 cm.	13 cm.	2.46	2.15
Le 15 août	130	125	80	1.62	1.36
Le 30 août	145	140	90	1.61	1.35

On voit, par cet exemple, comme par celui qui précède, que la différence va en s'atténuant.

On peut, par des expériences directes, prouver que l'action de l'eau est de grande utilité aux deux stades cités plus haut :

Des Lupins et des *Helianthus* ayant végété les uns à la sécheresse les autres à l'humidité, on a donné de l'eau aux plantes des sols secs à des stades différents de leur développement.

Voici les résultats obtenus :

1° Les plantes qui ont eu de l'eau, aux deux périodes critiques, ont donné d'aussi belles plantes que celles qui ont eu de l'humidité pendant toute la végétation.

2° Celles qui ont eu de l'eau à un moment variable de leur développement, mais dont on a ensuite continué l'humidité, en ont d'autant plus bénéficié que le moment de l'irrigation était plus rapproché de la première période critique.

3° Les plantes qui ont eu une humidité exagérée depuis la germination jusqu'à la première période critique ont souvent beaucoup souffert de l'humidité.

D'autre part une humidité un peu forte risque de dépasser l'optimum et peut être nuisible pendant toute la végétation.

Considérons en outre les phénomènes postfloraux :

À la floraison doit succéder une certaine sécheresse pour favoriser la maturation, mais nous avons établi (et nous pourrions insister par de nombreux chiffres), que l'humidité, après la floraison, peut accentuer les différences dans de grandes proportions. Il résulte donc que, pour les plantes où l'on ne recherche pas une dessiccation rapide, il y a lieu pour réaliser l'optimum d'eau interne, nécessaire à la plante, de fournir au sol de l'eau en assez grande abondance, pendant trois périodes qui doivent succéder à trois périodes de sécheresse relative.

Il est utile de relever la teneur du sol en eau :

1° Au moment du minimum centésimal de poids sec.

2° Avant la floraison.

3° Dans la deuxième partie de la fructification.

Ces données générales doivent, bien entendu, être appliquées seulement pour les plantes pour lesquelles on veut obtenir le maximum de rendement en poids. Dans la pratique, ces données doivent être restreintes selon la plante considérée, et selon le but de la culture.

Pour préciser les notions précédentes, nous indiquerons par un graphique schématique voyez figure 19) la propor-

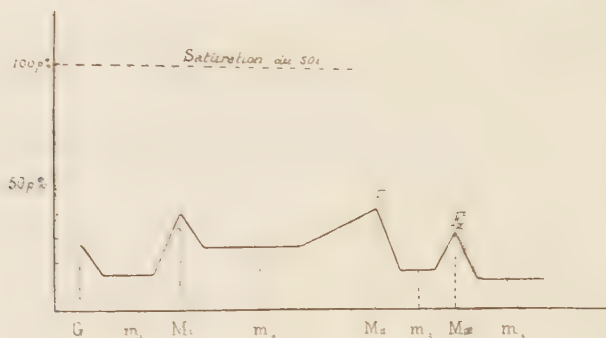


Fig. 19. — Courbe générale indiquant, pour chaque période de la végétation, l'humidité optimum du sol arable au voisinage des racines. — G, gonflement de la graine; M_1 , minimum centésimal du poids sec (période de la première feuillaison); M_2 , floraison; M_3 , deuxième floraison; m_2 , fructification; m_3 , maturation des fruits et dessiccation de la plante.

tion approximative d'eau libre du sol qui est avantageuse à la végétation en général, sous réserve des cas spéciaux. Les conclusions suivantes sont donc applicables seulement aux plantes dont l'habitat ordinaire n'est ni très sec, ni très humide.

Le gonflement de la graine exige une certaine humidité optimum 25 à 30 p. 100 de la quantité d'eau nécessaire à la saturation du sol. 1, la plante bénéficie ensuite d'une

(1) Précédemment, nous avons indiqué la proportion d'eau contenue dans les sols sur lesquels nous avons expérimenté, en donnant le poids centésimal d'eau qu'ils renfermaient.

Ici, nous indiquons la proportion centésimale d'eau en fonction de la quantité d'eau nécessaire à la saturation, afin de permettre une généra-

sécheresse relative (15 p. 100). Pendant cette période la racine peut se fixer solidement aux particules du sol; une fois cette fixation bien assurée le moment est venu de rendre au sol une forte humidité (40-45 p. 100), pour assurer :

1° Le développement régulier du poids de la racine et sa croissance générale.

2° Le développement normal de la tige et des feuilles en amenant rapidement le minimum du poids sec centésimal sans nuire à l'accroissement de la racine.

Si en effet le sol manque d'eau à ce moment-là, la tige qui doit élever sa teneur en eau, emprunte cette eau à la racine qui, ne pouvant pas la remplacer par une absorption abondante, se trouve entravée dans son développement, et peut compromettre son accroissement ultérieur par la dessiccation de quelques-unes de ses parties.

Après la période de crise passée, il est bon que le sol soit moins humide, car alors la feuillaison est très active et les feuilles peuvent être atteintes d'une chlorose partielle.

Une teneur en eau de 25 p. 100 de la saturation suffit à assurer une abondante feuillaison. Les feuilles restent d'un vert sombre.

Un peu avant la floraison, c'est le moment où toutes les courbes du développement en poids s'élèvent rapidement. Si l'on rend au sol une humidité plus forte (40-50 p. 100) on assure un accroissement rapide qui est d'autant mieux assuré que les feuilles sont plus vertes et par suite ont supporté précédemment une sécheresse relative.

Une fois la floraison produite, une dessiccation très rapide du sol (15 p. 100) est très utile. Une forte chaleur ou un vent desséchant le sol et activant l'évaporation peuvent produire naturellement cet effet. Mais comme ordinairement pour beaucoup de plantes un nouvel accroissement et une deuxième floraison sont possibles on les favorise par une humidité plus forte (30 p. 100) qui amène une seconde rami-

lisation facile des résultats, qui sont applicables à tous les sols mixtes de composition variée.

fication et une deuxième floraison auxquelles doit succéder la fructification qui exige un sol le plus sec possible (10 p. 100 environ) (1).

Il y a, comme on le voit sur la courbe, une sorte d'alternance dans les exigences de la plante en eau.

Une sécheresse continue de 10 p. 100 d'eau et une humidité permanente de 40-60 p. 100 sont aussi éloignées l'une que l'autre des exigences physiologiques du végétal.

Il y a pour chaque stade de la végétation un optimum variable qui assure le développement normal de la plante.

L'optimum ainsi réalisé amène presque toujours un développement maximum. Cependant pour certaines plantes qui sont adaptées à une certaine humidité il peut résulter un développement encore supérieur par le fait d'une irrigation permanente, mais, comme nous allons l'établir plus loin, cette croissance exagérée est physiologiquement tératologique, elle correspond à un état maladif tout comme le nanisme produit par la sécheresse.

Les deux principales fonctions, assimilation et transpiration, sont toutes deux en rapport avec la croissance de la plante, et retiennent sur l'ensemble complexe qui constitue l'état de santé du végétal; et c'est justement cet état qui assure à la plante son développement plus ou moins normal.

La transpiration comme l'assimilation peuvent sans doute varier différemment, dans de certaines limites, sans altérer l'évolution normale de l'individu. Dans tous les cas, il ne faut pas prendre pour état optimum de la plante une intensité de croissance maximum; pas plus qu'on ne trouve de relation directe entre la taille d'un animal et son état de santé. On sait au contraire qu'une intensité de croissance

(1) Ces chiffres sont indiqués en fonction de la saturation et par suite peuvent s'appliquer aux différentes terres arables, mais il ne faut pas oublier qu'ils ne sont pas absolus. Une terre légère très aérée, saturée d'eau, peut encore permettre la végétation, tandis qu'une terre forte renfermant seulement 80 p. 100 de l'eau nécessaire à la saturation n'est plus propice à la végétation. Voyez à ce sujet : Edmond Gain, *Action de l'eau du sol sur la végétation* (Revue générale de botanique, t. VII, 1895).

trop forte à un certain moment de l'existence peut compromettre l'existence de l'individu. Pour les plantes la même relation semble exister, car j'établirai par la suite que sous l'apparente vigueur d'une haute taille résultant d'une grande intensité de croissance, on peut trouver un état maladif qui se traduit par la dégénérescence des descendants directs.

En un mot, qu'il s'agisse de croissance en longueur de la tige ou des rameaux, ou de la croissance en surface des feuilles, ou encore simplement de l'accroissement en poids, phénomènes qui ensemble déterminent les différences de morphologie externe, j'insiste sur ce fait qu'il faut séparer les plantes qui sont adaptées à la sécheresse de celles qui ne le sont pas.

Il ressort en effet de toutes mes expériences que les *exigences spécifiques* retentissent beaucoup sur le mode d'action du milieu.

En un mot, ici comme dans la plupart des phénomènes biologiques, le milieu n'agit pas dans le même sens sur toutes les plantes, et ce serait généraliser à tort que de formuler des lois qui ne tiendraient pas compte des habitudes de l'espèce.

TROISIÈME PARTIE

INFLUENCE DE L'EAU SUR LA PROPAGATION ET L'AVENIR DE L'ESPÈCE.

Les années de grande sécheresse peuvent être, soit la règle, soit l'exception, pour un climat donné. Dans le premier cas, si l'eau manque complètement, c'est le désert aride. Si au contraire certains mois de l'année amènent des pluies, la végétation est réduite à la période qui suit immédiatement l'arrivée de l'eau. Comme l'évaporation sous l'influence de la sécheresse persistante est rapide, les espèces à végétation trop longue sont peu à peu éliminées. Dans la concurrence vitale on voit donc persister les plantes à évolution hâtive, précoce et courte. Parmi ces dernières, celles qui sont le plus à l'abri du manque d'eau à cause de leurs racines grosses et profondes et de leurs feuilles réduites, sont naturellement les dernières persistantes. Elles survivent aux autres espèces disparues et peuvent ensuite se propager librement; il en résulte une flore spéciale qui, dans une contrée comme l'Algérie, par exemple, varie avec les hauteurs de pluies tombées et avec les propriétés physiques de l'atmosphère et du sol dans chaque région.

Dans le deuxième cas, quand la sécheresse exagérée est une exception, comme dans nos contrées depuis deux ans, quelle est l'importance de la sécheresse au point de vue de la propagation de l'espèce? *

Telle est la question que nous allons examiner.

Dans nos pays tempérés où la végétation spontanée et cul-

tivée reçoit annuellement des pluies en toutes saisons, mais où certains mois sont plus secs et plus chauds, les stades de végétation de la flore sont en relation avec la moyenne mensuelle des pluies et les quantités de chaleur.

De sorte qu'il existe des plantes de printemps, des plantes d'été et des plantes d'automne, celles d'hiver étant peu nombreuses.

Quand une année de sécheresse survient, son action sera très différente suivant le moment où la sécheresse se déclare.

Après un hiver très pluvieux, la sécheresse de printemps est rarement à craindre, mais si la sécheresse d'été qui peut y succéder n'a aucune influence sur les plantes qui sont fleuri au dernier printemps, elle pourra exercer cependant son action sur les graines issues de celles-ci qui sont disséminées sur le sol.

La sécheresse d'été exercera bien entendu son action sur les plantes d'automne dont les graines ne manqueront généralement pas d'eau pendant l'hiver.

L'action la plus importante sera donc la sécheresse de printemps qui, en se prolongeant, exercera son action à la fois sur la plupart des plantes de toute l'année et sur beaucoup de graines qui en seront issues.

L'humidité du sol retentit sur la nutrition et par suite sur la reproduction. C'est ainsi que M. Pfeffer a trouvé que les prothalles des Prêles donnaient plus de prothalles mâles sous l'influence de la sécheresse. Il y aurait donc à examiner aussi sur les plantes dioïques si la sécheresse du sol ne peut pas intervenir comme cause déterminante du sexe de la plante. C'est un sujet que nous avons abordé, mais où pour l'instant nous manquons de résultats suffisants pour nous prononcer.

Dans l'action de la sécheresse relativement à la conservation de l'espèce nous avons donc à considérer dans les cas les plus compliqués :

- 1° L'action sur la graine initiale ;
- 2° L'action sur la plante ;

3° L'action sur la partie de la plante qui doit perpétuer l'espèce (graine, tubercule, etc.).

Action sur la graine initiale. — Si nous supposons une sécheresse de printemps succédant à une année ordinaire :

1° Les graines qui germent pendant ou à la fin de l'hiver auront germé. Il y a lieu alors de considérer l'action de la sécheresse sur les jeunes plantules.

2° Les graines qui germent tardivement, plantes de fin de printemps, d'été et d'automne, ne trouvant pas d'eau pour leur gonflement ne pourront pas germer. Or, la durée de la maturité interne de la graine, autrement dit le pouvoir germinatif, varie beaucoup suivant la nature des réserves. Certaines graines, et notamment les Ombellifères, perdent le pouvoir de germer par le seul fait de la dessiccation. On sait que pour les conserver quelque temps il faut les maintenir dans un milieu humide. Une graine peut aussi perdre la maturité par l'action de la chaleur. Ainsi une sécheresse de printemps en empêchant la germination de nombreuses graines peut en même temps les anéantir. Beaucoup d'entre elles ne pourront pas attendre l'année suivante pour germer et par suite sont perdues.

Quelques-unes pourront germer l'année suivante, mais des expériences précises prouvent que d'année en année pour une espèce donnée, une proportion plus ou moins grande des graines n'est plus susceptible de germer.

Ainsi, à cet égard, on pourra dire qu'une sécheresse hâtive diminuera la postérité de certaines espèces dans des proportions variables qui pourront être considérables et atteindre certainement plus des 9/10 pour un pays.

Tel pré riche en Ombellifères après une année humide, n'en offrira que quelques échantillons après une année de sécheresse. La sécheresse passée continuera à exercer son action, d'une part directement par suite du faible nombre des procréateurs, d'autre part indirectement par suite des conditions mésologiques différentes. Car il faut admettre qu'après une année de sécheresse l'espèce aura à lutter contre

des causes de destruction très différentes de celles qui l'assailliraient après une année humide (Insectes, Mousses, Champignons, etc.).

Action sur la plante. — Les conditions de milieu qui influent sur l'individu retentissent par suite sur l'espèce.

C'est un fait général en biologie que la nutrition influe beaucoup sur la fécondité de l'individu et sur sa descendance. Or, l'eau est un des principaux aliments de la plante. Elle influence à la fois le développement en poids et la croissance.

La dessiccation du sol survenant après la germination peut tuer les jeunes plantules (Fève, Pavot, Haricot, Rai-ponce). Dans mes expériences j'ai pu observer cette action sur le Pavot.

Quatre cultures de Pavot ayant été semées le même jour dans des terrains humides, 12 p. 100 d'eau, les uns ont été maintenus à l'humidité pendant trois semaines et laissés ensuite sans arrosage, les autres sont restés à l'humidité. Ces derniers sous l'influence de l'humidité ont pris une certaine avance sur les Pavots des sols secs. Une sécheresse chaude étant survenue, les 3/4 des plantules des sols secs ont été desséchées et tuées ainsi par la sécheresse.

Les plantules qui, dans les sols secs, ont échappé à la dessiccation dépassaient en poids 0^{gr},800. Toutes les plantules inférieures à ce poids ont péri. Il est facile de s'expliquer pourquoi les plantules plus développées ont échappé à la sécheresse : elles disposaient d'une racine plus développée et qui s'enfonçait plus profondément.

Ces expériences mettent en relief : 1° l'action très pernicieuse de la sécheresse sur les plantules ; 2° l'action très différente de la sécheresse suivant le moment où elle sévit. Sur les cultures précédentes la sécheresse n'aurait eu aucune action si elle était survenue dix jours plus tard. A cette époque-là, en effet, toutes les plantules auraient dépassé le poids de 0^{gr},800.

Pour d'autres plantes les conséquences sont moins fu-

nestes, car la plantule desséchée peut continuer son développement (Blé, Orge, Seigle, Maïs, Chanvre, Lentille).

Il existe des intermédiaires, c'est-à-dire des plantes qui supportent une dessiccation passagère et peu accentuée.

Les conséquences de ces différences sont des plus importantes ; non seulement la sécheresse détruira une partie des espèces végétales, mais elle laissera aux espèces survivantes le champ plus libre, la lutte pour l'existence sera cantonnée entre les plantes du second groupe, débarrassées du voisinage et de la concurrence des premières plantes citées.

En détruisant, ou en diminuant les individus d'une espèce, la sécheresse de printemps peut donc favoriser beaucoup et avantager d'autres espèces qui, mieux armées contre le climat, peuvent à l'état de jeune plantule résister à la dessiccation.

Supposons que la plante puisse supporter la sécheresse (1) et continuer son développement, ce qui est le cas pour beaucoup de plantes, même après un printemps sec. Nous pouvons cette fois faire une large part à la méthode expérimentale pour voir ce qu'il advient de l'espèce.

Depuis deux années le climat parisien a été exceptionnellement sec et j'ai pu installer des expériences au Laboratoire de Fontainebleau.

Pour ne pas compliquer les résultats par des différences dues à la culture, j'ai choisi de préférence des plantes cultivées ou qui poussent spontanément dans les jardins.

Relativement à l'avenir de l'espèce deux points doivent nous préoccuper :

- 1° Le nombre des graines ;
- 2° Les qualités des graines.

(1) Il faut entendre ici par sécheresse, non pas un sol privé d'eau, mais seulement ayant une teneur en eau très faible qui permet à la plante de fleurir et fructifier, mais qui contrarie cependant sa croissance.

NOMBRE DES GRAINES.

Le nombre des graines que pourra produire une plante sur un sol déterminé dépend :

- a.* Du nombre des inflorescences.
- b.* Du nombre de fleurs par inflorescence.
- c.* Du nombre des ovaires et des ovules fécondés dans chacune des inflorescences.
- d.* Du nombre des fruits qui arrivent à maturité.
- e.* Du nombre de graines par fruit.

Chacun de ces facteurs est en partie sous la dépendance de ceux qui le précèdent ; *a* et *b* dépendent de la vie de la plante avant la floraison ; *c*, au contraire, est en grande partie déterminé par les phénomènes extérieurs.

a. Le nombre des inflorescences dépend de la ramification. Celle-ci est en général beaucoup plus grande sur un sol humide que sur un sol sec. La croissance en effet se prolonge souvent longtemps après la première floraison, sur un sol humide. Sur un sol très sec au contraire la plante se dessèche rapidement et ne pousse plus de rameaux supplémentaires.

On peut donc dire que *la sécheresse diminue le nombre des inflorescences.*

Cette conclusion est appuyée sur l'observation de *Lupinus albus*, *Papaver setigerum*, *Mentha silvestris*, *Linum usitatissimum*, *Polygonum Fagopyrum*, *Faba vulgaris*, *Mercurialis annua*, *Oenothera biennis*, *Carthamus tinctorius*, etc.

Il peut arriver que la ramification soit à la base plus développée en sol sec, mais ces rejets ne sont pas souvent florifères et dans tous les cas ne sont que des exceptions rares à la conclusion que nous avons énoncée plus haut.

Les inflorescences sont d'autant plus nombreuses en sol humide que les fleurs apparaissent en H plus bas le long de la tige, ainsi que nous l'avons déjà indiqué (1).

(1) Edmond Gain, *Influence de l'humidité du sol sur la végétation.* Ass. Fr. Av. Sc. Congrès de Pau, 1892.

On peut comparer, à cet égard, deux pieds de Menthe, non ramifiés et comprenant un même nombre d'entre-nœuds.

On sait que les fleurs apparaissent à chaque nœud en verticilles axillaires.

Comme exemple nous pouvons citer les chiffres suivants obtenus avec six pieds comparables :

Nombre de verticilles floraux axillaires.	{	En sol sec.	{	7. 6. 5.
			{	8. 6. 5.
	{	En sol humide.	{	12. 10. 13.
			{	10. 11. 7.

Ainsi le nombre des groupes de fleurs est très diminué par la sécheresse (1).

b. Le nombre des fleurs par inflorescence est un peu plus grand en sol humide qu'en sol sec. Pour la Menthe, on trouvait dans les cultures comme moyenne pour trente plantes :

53 fleurs par inflorescence en sol humide.
31 — en sol sec.

c. La fécondation est influencée aussi par la sécheresse ou par l'humidité du sol. Pour la Menthe, par exemple, les plantes des sols secs sont beaucoup plus aromatiques et odorantes que celles de sol humide. Elles étaient beaucoup plus fréquentées par les insectes, et c'est peut-être à cette particularité qu'est due la fructification plus abondante en S qu'en H.

Dans une année humide toutes les plantes sont dans les mêmes conditions, mais les insectes et les abeilles surtout sortent beaucoup moins.

La sécheresse pendant la pollinisation est, en outre, très

(1) Nous parlons ici des plantes herbacées, la question paraît tout autre pour les plantes ligneuses. Un printemps sec favorise en général la floraison des arbres. Il est bon d'ajouter que ces espèces ne souffrent généralement pas de la sécheresse du sol, à cause de leurs racines âgées nombreuses et des réserves d'eau que peuvent renfermer la tige et la racine. Un printemps sec n'agit donc pas, sur les arbres, comme sur les plantes herbacées dont le contenu en eau est affaibli rapidement si le sol manque d'eau.

favorable comme on le sait, puisqu'une pluie un peu prolongée ou une atmosphère humide peuvent provoquer le phénomène bien connu de la « coulure ». C'est aussi un fait souvent observé, que dans les années sèches, sur les arbres fruitiers la proportion de fruits noués est plus forte que pendant une année humide.

d. Quoi qu'il en soit des causes qui provoquent les différences observées, nous trouvons par verticille floral dans différents échantillons :

En sol sec	{ 63 fruits sur 63 fleurs. }		Soit pour 100 fleurs en moyenne 95 fruits.
	58	63	
	54	56	
	47	50	
En sol humide.	{ 30 fruits sur 69 fleurs. }		Soit pour 100 fleurs 53 fruits.
	34	62	
	31	55	
	36	61	

Comme on le voit il y a là un balancement organique très intéressant qui tend à diminuer l'influence fâcheuse de la sécheresse. Le nombre des fruits est presque égal à celui des fleurs en sol sec et moitié seulement en sol humide.

Cette différence considérable n'est sans doute pas la règle pour tous les végétaux, mais indique une relation intéressante qui n'est pas indifférente quand on envisage le sort de l'espèce.

e. Le nombre des graines par fruit est presque toujours plus faible en sol sec.

Il est surtout facile de s'en rendre compte pour les fruits des Légumineuses et pour les siliques des Crucifères. Nous citons seulement quelques exemples :

	Nombre de graines dans un fruit (moyenne).	
	En sol sec.	En sol humide.
<i>Lupinus albus</i>	2	3
<i>Phaseolus vulgaris</i>	4	6
<i>Pisum sativum</i>	3	5
<i>Faba vulgaris</i>	3	4

Les observations précédentes ont surtout pour but de montrer les divers modes d'action de la sécheresse sur le nombre des graines. Il est évident que pour quelques plantes toutes les causes citées peuvent agir. Dans la majeure partie des cas quelques-unes seulement doivent entrer en jeu. Beaucoup de fleurs, par exemple, n'ont qu'un ovule fécondé, le nombre des graines, dans ce cas, est donc le même que celui des fruits.

Le résultat final qui est, selon toute vraisemblance, très général, c'est qu'une *sécheresse* un peu prolongée diminue le nombre des graines dans de grandes proportions.

On peut s'en rendre approximativement compte en pesant deux récoltes de graines obtenues sur deux surfaces cultivées, l'une très sèche, l'autre très humide.

Si on représente par l'unité le poids de graines récoltées sur sol sec dans des expériences de ce genre, on trouve à peu près pour le rendement en sol humide :

<i>Papaver somniferum</i>	3
<i>Polygonum Fagopyrum</i>	2
<i>Lupinus albus</i>	4
<i>Faba vulgaris</i>	3
<i>Pisum sativum</i>	10
<i>Avena sativa</i>	6

La sécheresse paraît donc de ce côté très préjudiciable à la propagation de l'espèce.

Le nombre des graines est considérablement diminué.

Il ne l'est pas dans les mêmes proportions pour toutes les plantes.

Les espèces qui résistent mal à la sécheresse sont plus éprouvées que les autres, et comme elles disparaissent, les plantes adaptées aux sols secs bénéficient pendant l'année même et surtout pendant les années suivantes de la diminution de la concurrence vitale. Plusieurs années de sécheresse de suite dans une contrée font donc prospérer et dominer les espèces qui supportent bien la sécheresse, au détriment des espèces qui exigent beaucoup d'eau pour leur végétation.

On peut concevoir ainsi le changement lent de la flore d'une région et son passage graduel à une flore désertique.

Nous avons vu que le nombre de graines par fruit est plus petit en sol sec.

Le Pavot est une plante dont les fruits ont un nombre variable de carpelles. On peut observer que plus le fruit a de carpelles, plus il y a de graines par carpelle. Ainsi par exemple le nombre de graines dans une loge d'un fruit à cinq carpelles est beaucoup plus faible que pour une loge d'un fruit à huit ou dix carpelles. Ainsi le nombre des loges des fruits est une indication double relative à la quantité des graines.

En comparant les récoltes obtenues à l'aide de graines semblables, on a trouvé dans les deux sols :

A. Culture 1892.

En sol sec :	pour 100 fruits.....	934	carpelles.
En sol humide :	—	982	—

B. Culture 1893.

En sol sec :	pour 100 fruits.....	813	carpelles.
En sol humide :	—	892	—

La différence du nombre des graines est en réalité beaucoup plus importante.

Le poids moyen des graines récoltées en 1892 dans un fruit est :

En sol sec :	0 ^{gr} ,733	soit environ 1332	graines par fruit.
En sol humide :	4 ^{gr} ,008	— 1980	—

QUALITÉS DES GRAINES.

§ 1.

Sous ce titre il nous reste à étudier dans leurs rapports avec l'avenir de l'espèce, les graines produites pendant la sécheresse.

A ce point de vue il faut examiner d'une part, les réserves de la graine, d'autre part l'embryon.

On sait qu'il existe un certain rapport entre le poids d'une graine et le poids de la plante qui en est issue. Les

grosses graines donnent en général des plantes plus fortes. Il y a donc intérêt à examiner si la sécheresse ou l'humidité n'influent pas sur le poids des graines.

Les expériences nombreuses que j'ai faites sont toutes concluantes et dans le même sens, comme on peut en juger dans le tableau suivant :

	Poids moyen de 100 graines bien conformées.		Rapport des poids. $\frac{H}{S}$
	En sol sec.	En sol humide.	
	Gr.	Gr.	
<i>Lupinus albus</i>	25.080	24.960	0.87
<i>Phaseolus vulgaris</i>	43.000	34.900	0.81
<i>Linum usitatissimum</i>	0.403	0.364	0.90
<i>Lycopersicum esculentum</i>	0.444	0.344	0.83
<i>Avena sativa</i>	2.250	1.925	0.85
<i>Papaver somniferum setigerum</i>	0.055	0.051	0.92
<i>Raphanus sativus</i>	0.518	0.380	0.73
<i>Brassica Napus oleifera</i>	0.332	0.298	0.89
<i>Faba vulgaris</i>	32.900	19.800	0.60
<i>Datura Stramonium</i>	0.745	0.585	0.78

Pour toutes les plantes étudiées à cet égard, et appartenant à plusieurs familles très différentes, *en sol sec les graines sont plus pesantes.*

Les graines sont réduites des 2/10 de leur poids par l'humidité. L'observation montre, comme nous l'avons dit, que le nombre des graines est par la sécheresse considérablement réduit dans chaque fruit et sur chaque plante. Il s'ensuit que chaque graine produite par la plante de sol sec correspond à une plus forte quantité de son poids sec. Ainsi, deux plantes comparables pèsent par exemple :

En sol sec :	8 grammes de poids sec et porte	50 graines.
En sol humide :	14 — — —	130 —
Une graine de sol sec	correspond à $\frac{8}{50}$	$= 0^{gr},160$ de poids sec.
— sol humide	correspond à $\frac{14}{130}$	$= 0^{gr},107$ —

Il y a presque toujours un rapport de ce genre dans la comparaison; de sorte que là peut-être est la vraie raison des différences de grosseur des graines. Avec cette théorie,

l'explication est simple : en sol sec peu de graines se forment, celles-ci en bénéficient et absorbent pour leur compte les réserves disponibles qui auraient suffi à former un nombre plus grand de graines plus petites,

Je crois d'autant plus cette explication exacte que, expérimentalement, j'ai réalisé un fait analogue. En supprimant moitié des fruits sur une plante, on obtient des graines plus grosses dans les fruits qui restent. On s'en rend compte en comparant les graines obtenues avec celles d'un pied témoin aussi comparable que possible.

Il restait à vérifier si les graines plus pesantes venant du sol sec donnent des plantes plus développées.

L'expérience a été faite avec détail sur le Lin, le Lupin et sur six autres plantes parmi celles que nous avons citées.

Pour le Lin, le Radis, le Pavot, etc., nous avons constaté en général une germination plus rapide pour les graines de sol sec. Dans un lot de cent graines de Pavot par exemple, il y a plus de graines à germination hâtive dans celles de sol sec, mais les différences sont peu sensibles, car les dernières graines germées le sont en même temps dans les deux lots.

Des graines de Lin ayant été semées le 19 avril, on en a choisi plusieurs qui ont germé en même temps. Elles pesaient :

	Lot n° 1.	Lot n° 2.
	Dix graines de sol sec.	Dix graines de sol humide.
Le 19 avril : avant le gonflement..	0 ^{gr} ,0402	0 ^{gr} ,0365
Le 1 ^{er} mai : graines germées.....	0 ^{gr} ,2650	0 ^{gr} ,2010

Ainsi, après onze jours, la plantule issue de la graine de sol sec pesait 6,57 fois la graine. Celle issue de la graine de sol humide pesait 5,78 fois la graine.

Le poids moyen d'une plante adulte issue de graines semblables et maintenue dans les mêmes conditions a été :

Plante du lot n° 1 (sol sec).....	2 ^{gr} ,880
Plante du lot n° 2 (sol humide).....	2 ^{gr} ,400

Les expériences dans lesquelles on a replacé dans un sol

sec les graines issues de sol sec et dans un sol humide les graines de sol humide, ont donné toujours le résultat suivant :

Les différences observées l'année précédente sont considérablement atténuées. Les plantes de sol humide atteignent un poids moins élevé, et les plantes de sol sec atteignent un poids plus élevé que l'année précédente.

Comme les expériences ont eu lieu pendant trois années, on ne peut pas mettre sur le compte du climat variable la conclusion précédente. L'examen des cultures par une personne non prévenue a toujours été conforme à ce que nous venons de dire. Le poids des rendements venait, en outre, confirmer cette règle.

Dans des expériences croisées, voici l'ordre des rendements en allant du plus fort au plus faible :

1^{re} culture en sol humide provenant de graines de sol sec ;

2^e culture en sol humide provenant de graines de sol humide.

3^e culture en sol sec provenant de graines de sol sec ;

4^e culture en sol sec provenant de graines de sol humide.

Toutes les conditions étant égales d'ailleurs, on voit donc que les graines provenant de sol sec sont supérieures à celles qui viennent de sol humide.

Nous allons voir que l'infériorité des produits issus de sol humide ne tient pas seulement au poids inférieur des graines. Autrement dit, il n'y a pas seulement infériorité relative par rapport aux autres produits, il y a en même temps dégénérescence de la race par suite de l'influence de l'humidité.

Nous avons vu, pour le Pavot, que l'humidité favorisait le nombre des graines dans d'assez fortes proportions; parmi les qualités qu'on doit rechercher dans une graine si le poids est un facteur il n'est pas le seul.

L'embryon reçoit des caractères qu'il tire de l'individu qui lui donne naissance, l'expérience suivante va le démontrer :

Les graines issues de la récolte A de Pavot de 1892 ont été semées en 1893 dans un terrain A' assez analogue, côte à côte avec une autre culture, B, provenant de graines ayant une autre origine. Les cultures A' et B comprenaient des sols secs et des sols humides.

Les graines provenant de sol sec ont été semées en sol sec et les graines provenant de sol humide ont été semées en sol humide.

Voici les faits observés :

La culture B a donné les mêmes résultats que la culture A de 1892 ; savoir :

- 1° Culture plus prospère en sol humide ;
- 2° Fruits plus nombreux et plus développés ;
- 3° Nombre de loges par fruit plus grand ;
- 4° Nombre de graines plus grand.

La culture A' au contraire a donné :

- 1° Cultures à peu près semblables en sol sec et en sol humide ;
- 2° Culture plutôt plus belle en sol sec ;
- 3° Nombre de fruits plus grand en sol humide, dans des proportions assez faibles ;
- 4° Nombre des loges plus grand en sol sec.

On trouvait en effet :

Pour 100 fruits : en sol sec.....	736 loges.
— en sol humide.....	558 —

Les résultats comparatifs sont plus démonstratifs dans les détails du tableau suivant :

TYPES et récoltes.	ANNEE 1892.		ANNEE 1893.			
	CULTURES A.		CULTURES B.		CULTURES A' issues de A.	
	Pour 1000 fruits.		Pour 1000 fruits.		Pour 1000 fruits.	
	Sol sec. S.	Sol humide. H.	Sol sec.	Sol humide.	Sol sec. S'	Sol humide. H.
11 loges.	0	16	0	0	0	0
13 —	66	72	0	7	0	0
12 —	105	133	19	50	4	0
11 —	107	177 M.	22	83	7	0
10 —	143	129	37	235 M.	78	8
9 —	218	177 M.	245	199	168	16
8 —	221 M.	122	327 M.	207	232 M.	54
7 —	78	96	288	147	214 M.	167
6 —	40	42	38	63	186	188
5 —	20	16	4	7	78	369 M.
4 —	0	0	0	0	6	196
3 —	0	0	0	0	0	2

Pour le Pavot, chaque type de fruit est d'autant plus réduit qu'il comprend moins de loges. Les fruits les plus simples peuvent donc être considérés comme moins parfaits.

La culture A et la culture B montrent que le type le plus abondant est un type plus complexe en sol humide (type 8 en sol sec — type 9, 10 ou 11 en sol humide).

Les graines issues de A ayant été soumises au même régime, on observe un fait de la plus haute importance au point de vue théorique et pratique :

L'humidité du sol a produit une dégénérescence considérable qui se manifeste dans les cultures A', pour H' :

1° Par la réduction du nombre des carpelles dans les fruits (le type moyen devient le type 5);

2° Par l'apparition de fruits très dégradés qui n'existaient pas dans la culture A (type 4 nombreux et type 3).

Ainsi le nombre des graines est très réduit en H. à une deuxième génération. Le nombre des fruits étant toujours beaucoup plus élevé en H qu'en S la récolte reste encore plus forte en H mais dans de très faibles proportions.

Si l'on considère que la grosseur des graines est indépen-

dante de ces variations, il faut admettre que l'humidité du sol agissant sur l'individu favorise son accroissement en tant qu'individu et favorise aussi le nombre de ses descendants. Mais, par un *balancement biologique* intéressant, on voit ces descendants frappés d'une dégénérescence si rapide que la première génération l'accuse fortement. Les exemples ne sont pas répandus, dans le règne végétal, qui permettent de constater avec autant de netteté l'influence ancestrale. C'est donc un fait digne d'attention que de voir la croissance exagérée de l'individu correspondre à un état maladif dont nous voyons la traduction dans les descendants directs. Sans cette expérience sur l'avenir de l'espèce nous ne pouvions pas soupçonner que la plante de sol humide, beaucoup plus vigoureuse en apparence, était dans un état d'infériorité relative par rapport à la plante qui végétait péniblement en sol sec.

Ainsi pour nous résumer :

L'humidité du sol donne des *graines plus petites* et *susceptibles de faire dégénérer rapidement l'espèce*.

La sécheresse du sol, en obligeant l'individu à végéter assez péniblement, en diminuant considérablement le nombre de ses descendants, a du moins cet effet imprévu de retremper pour ainsi dire « l'espèce » elle-même, qui, par la suite sort plus vigoureuse et mieux douée pour la concurrence vitale ultérieure.

Dans nos premières conclusions relatives au *nombre des graines* nous avions vu la sécheresse nuire à la propagation de l'espèce; en examinant la *qualité des graines* cette fois l'avantage reste à la sécheresse. C'est un exemple de plus à ajouter à tous ceux qui se rapportent au balancement organique, dont l'effet est de maintenir les êtres dans certaines limites de variabilité.

Au cours de cette étude nous avons envisagé l'action de la sécheresse sur la propagation par graine de l'espèce des plantes herbacées.

Détaillant successivement les divers facteurs qui font varier le nombre des graines, nous avons conclu que la sécheresse était très défavorable à la propagation de l'espèce. Abordant ensuite l'étude des qualités de la graine, grâce à la méthode expérimentale, nous avons montré que l'humidité du sol diminue le poids des graines et peut faire dégénérer rapidement l'espèce, même dès la première génération.

Cette seconde conclusion est donc une restriction de la plus haute importance, et met en relief un balancement organique très intéressant qui empêche le milieu extérieur de réagir trop violemment sur l'évolution de l'espèce.

Au point de vue pratique nous pouvons formuler la loi suivante :

L'humidité du sol favorise et augmente dans des proportions considérables le rendement en fruits et en graines. L'irrigation est donc recommandable quand on a en vue le rendement industriel. Au contraire, l'irrigation doit être évitée avec soin, quand on a en vue la récolte de la graine pour *semis*. Irriguer les porte-graines serait s'exposer à obtenir des graines dégénérées et plus petites. La sécheresse au contraire paraît très favorable pour maintenir les qualités de l'espèce.

§ 2.

Nous avons jusqu'ici envisagé la reproduction de l'espèce par graine.

Il nous reste à examiner l'influence de la sécheresse sur la multiplication de l'espèce par gemmiparité.

Nous avons choisi comme sujet d'expérience le tubercule de la Pomme de terre.

Des cultures expérimentales ont été installées au commencement de 1892 et continuées en 1893 et 1894, au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, à l'effet de préciser l'action de la sécheresse sur le tubercule en tant qu'organe multiplicateur.

On a cultivé deux séries de carrés comparables dans le

champ d'expérience, dont le sol est une terre de jardin riche en sable calcaire. Le sous-sol est du sable de Fontainebleau.

Les premiers carrés ont été maintenus à une grande humidité au moyen de cinq ou six arrosages abondants par jour, pendant toute la végétation. Même pendant la période chaude de l'été, le sol restait très humide superficiellement.

Comme ce sol est très perméable, l'eau n'était pas stagnante autour des tubercules, et il faut admettre que cette irrigation continue a dû appauvrir le sol en principes solubles.

Les autres cultures ont été abandonnées à elles-mêmes sans arrosage. Sous l'influence de la période de sécheresse extrême de mai, juin et juillet, le sol s'est desséché jusqu'à une certaine profondeur et la surface était pulvérulente et à une température plus élevée.

En somme les conditions de végétation étaient très différentes dans les deux cultures et éloignées de part et d'autre des conditions normales.

D'après M. Schlösing (1), la culture la plus favorable peut comprendre 33,000 plants à l'hectare. Dans mes expériences chaque carré avait un peu plus de 1^m,20 de côté et comprenait quatre plantations faites avec des tubercules moyens. Cette disposition correspond donc sensiblement aux conditions avantageuses de la culture.

Les rendements ont été au total (2) :

(1) *Cours du Conservatoire des Arts et Métiers.*

(2) Les poids calculés pour un hectare ne correspondent pas à des rendements effectifs. On sait en effet que les expériences sur les petites surfaces donnent des résultats qui diffèrent légèrement de ceux qu'on obtient dans les grandes cultures. Le rapport H/S n'en est pas moins très exact puisqu'il s'agit ici d'une comparaison

Année 1893.

	POIDS MOYEN de la récolte dans un carré.		POIDS CALCULÉ pour un hectare.		RAPPORT des deux rendements $\frac{H}{S}$
	Sol sec.	Sol humide.	Sol sec.	Sol humide.	
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	
1 ^{re} variété..... (Institut de Beauvais.)	1.300	3.835	11 440	29 260	2.55
2 ^e variété..... (Vitelotte.)	1.640	2.900	12 510	22 130	1.77
3 ^e variété..... (Violette.)	1.320	4.625	10 080	35 200	3.49
4 ^e variété..... (Grosse violette.)	1.160	2.295	8 900	17 550	2.08
5 ^e variété..... (Saucisse rouge.)	2.290	5.355	16 750	39 250	2.34

Au point de vue du rendement final, on peut donc conclure que l'irrigation, même très abondante, est favorable au rendement des différentes variétés de tubercules. La sécheresse, au contraire, affaiblit les rendements en poids, dans des proportions très importantes.

Ici comme pour les graines, le nombre des multiplicateurs est-il beaucoup plus grand sous l'influence de l'humidité?

Dans chaque carré les tubercules ont des grosseurs variables, de sorte que la comparaison des poids ne donne pas de renseignements sur le nombre des tubercules.

Pour chacun des carrés la récolte a été divisée en trois lots : les petits, les moyens, les gros tubercules.

Comme la taille maximum des tubercules varie suivant les variétés, il est nécessaire de fixer le poids des tubercules de chacune des séries.

D'abord pour ce qui est du nombre total de tubercules on trouve par carré (4 plants) les chiffres moyens suivants :

	Sol sec.	Sol humide.
1 ^{re} variété.....	47	51
2 ^e —	120	70
3 ^e —	101	109
4 ^e —	38	46
5 ^e —	98	86

Le poids maximum du plus gros tubercule récolté dans chacune des cultures a été :

	Sol sec.	Sol humide.
	Gr.	Gr.
1 ^{re} variété.....	130	200
2 ^e —	55	125
3 ^e —	77	95
4 ^e —	125	130
5 ^e —	78	185

Si maintenant nous examinons comparativement le poids du rendement et le nombre de tubercules récoltés, nous voyons immédiatement qu'il n'existe aucune relation entre eux.

Dans certaines variétés, on trouve en sol sec par carré plus de tubercules que dans les sols humides (2^e et 5^e variété), pour les autres le nombre est sensiblement égal dans les deux sols.

On peut donc conclure que la sécheresse du sol n'influe pas sensiblement sur la diminution du nombre de tubercules. Au contraire il peut se produire, en sol sec, vers la fin de la végétation, une poussée de tubercules qui restent petits, mais qui augmentent sensiblement le poids total.

Voici comment se décompose proportionnellement la récolte quant au poids moyen des tubercules.

Pour 1000 tubercules on compte dans chacune des variétés les nombres suivants :

PREMIÈRE VARIÉTÉ.

			P. 1000 tubercules.
<i>En sol sec.</i>	Gros tubercules pesant	70 à 130 gr.	21
	Moyens —	25 à 68	383
	Petits —	moins de 20	596
<i>En sol humide.</i>	Gros tubercules pesant	85 à 200 gr.	274
	Moyens —	30 à 75	472
	Petits —	moins de 25	254

DEUXIÈME VARIÉTÉ.

<i>En sol sec.</i>	Gros tubercules pesant	plus de 50 gr.	0
	Moyens —	20 à 50	283
	Petits —	moins de 20	717
<i>En sol humide.</i>	Gros tubercules pesant	50 à 125 gr.	228
	Moyens —	20 à 45	458
	Petits —	moins de 20	314

TROISIÈME VARIÉTÉ.

			P. 1000 tubercules.
<i>En sol sec.</i>	Gros tubercules pesant	50 à 77 gr.	20
	Moyens —	25 à 50	455
	Petits —	moins de 25	525
<i>En sol humide.</i>	Gros tubercules pesant	50 à 95 gr.	82
	Moyens —	25 à 50	432
	Petits —	moins de 25	486

QUATRIÈME VARIÉTÉ.

<i>En sol sec.</i>	Gros tubercules pesant	45 à 125 gr.	0
	Moyens —	25 à 45	294
	Petits —	moins de 25	716
<i>En sol humide.</i>	Gros tubercules pesant	55 à 130 gr.	228
	Moyens —	25 à 55	458
	Petits —	moins de 25	314

CINQUIÈME VARIÉTÉ.

<i>En sol sec.</i>	Gros tubercules pesant	60 à 80 gr.	112
	Moyens —	30 à 60	275
	Petits —	moins de 30	613
<i>En sol humide.</i>	Gros tubercules pesant	90 à 185 gr.	337
	Moyens —	30 à 90	267
	Petits —	moins de 30	395

Nous avons déjà constaté qu'il existait des tubercules beaucoup plus gros en sol humide qu'en sol sec, nous voyons, par les tableaux précédents, que le nombre des gros tubercules y est aussi plus grand.

Le nombre des petits tubercules est au contraire beaucoup plus élevé en sol sec. Cela tient non seulement à un arrêt de développement, mais encore, comme nous l'avons dit, à une poussée de tubercules vers la fin de la végétation.

Il y a un fait important qui découle de ces expériences, c'est que la sécheresse du sol, même exagérée, ne diminue pas le nombre des tubercules que donne le plant dans les conditions ordinaires. L'action de la sécheresse sur la Pomme de terre s'exerce, en effet, en entravant le développement normal des rameaux aériens, l'élargissement des feuilles et surtout leur durée.

Jusqu'ici nous n'avons examiné que ce qui peut intéresser le rendement en poids, nous devons maintenant étu-

dier de plus près le tubercule au point de vue de son organisation.

Sa forme générale est différente dans les deux sols. Très allongé en sol humide, elle est plus globuleuse, et plus irrégulière en sol sec.

Deux gros tubercules ont comparativement les dimensions suivantes :

	En sol sec.		En sol humide.	
	Longueur.	Largeur.	Longueur.	Largeur.
1 ^{re} variété.....	4 cm.	4 cm.	8 cm.	6 cm.
2 ^e —	5	3.5	13	3
3 ^e —	4	4	6.5	4
4 ^e —	7	3.5	9	4.2
5 ^e —	5	3.5	9	5

Le nombre des « yeux » qui intéresse beaucoup le rendement ultérieur, lors de la plantation, est différent aussi, comme on le voit par les chiffres suivants, qui sont des moyennes obtenues sur 50 tubercules environ de chaque variété :

Nombre moyen des yeux par tubercule.

	Sol sec.	Sol humide.
1 ^{re} variété	5	8
2 ^e —	21	30
3 ^e —	7	7
4 ^e —	6	6
5 ^e —	6	7

Le nombre des yeux est, on le voit, ordinairement plus grand en sol humide. Certaines variétés sont même très différentes à cet égard (Institut de Beauvais, Vitelotte). Cependant, il convient d'ajouter qu'au pôle végétatif le plus important (celui qui est opposé au pôle d'attache du tubercule), le nombre des bourgeons est sensiblement le même dans les deux sols. La spire d'insertion des bourgeons ne varie pas son écartement, de sorte que le nombre des yeux est d'autant plus exagéré que le tubercule est plus allongé par rapport à sa largeur. Nous avons vu, par exemple, que la Vitelotte est la Pomme de terre que le sol

humide influence le plus au point de vue des proportions ($\frac{13^{\text{cm}}}{3^{\text{cm}}$ en H. au lieu de $\frac{5}{3}$ en S). C'est aussi celui qui accuse le nombre d'yeux le plus différent 30 au lieu de 21 par tubercule, soit $1\frac{1}{3}$ en plus).

Au point de vue chimique, on sait que le tubercule est assez variable de composition suivant le climat et le sol. Des expériences précises ont en outre montré que les gros tubercules étaient en général plus riches en fécule que les petits.

Or, nous avons vu l'humidité du sol exagérer les dimensions des tubercules, il y a donc à cet égard un fait important à noter.

Cependant la densité des tubercules est sensiblement plus forte en sol sec, surtout pour deux tubercules d'égal volume.

Les tubercules qui ont poussé en sol humide renferment en effet plus d'eau que les autres, et par suite possèdent un poids sec centésimal un peu moindre.

Un tubercule renferme par exemple :

En sol sec.....	23,60 p. 100 de poids sec.
En sol humide.....	23,99 p. 100 —

M. Wolny (1) a démontré depuis longtemps que les moitiés antérieures des tubercules, cultivées isolément, donnent des récoltes plus abondantes que les moitiés postérieures.

M. Prunet (2), étudiant les causes de cette polarité, a conclu qu'il existe toujours dans les tubercules normaux, ou privés d'une partie de leurs bourgeons, une relation entre la repartition des principes immédiats et des matières minérales de réserve et l'aptitude relative des bourgeons au développement. Au moment où M. Prunet publiait son travail j'étais arrivé personnellement à un résultat identique (3).

(1) Wolny, *Das Zerschneiden der Kartoffelsaatknollen* (Just's Jahresb., 1882).

(2) Prunet, *Recherches physiologiques sur les tubercules de Pomme de terre* (Revue générale de bot., fév. 1893, p. 30).

(3) Edmond Gain, *Sur la matière colorante des tubercules* (Bull. Soc. bot., fév. 1893).

pour la répartition de la substance et celle des matières colorantes.

On peut donc, rien qu'en examinant extérieurement un tubercule rose, par exemple, se rendre compte de la polarité du tubercule : toujours le sommet ou pôle antérieur opposé au point d'attache, est beaucoup plus rouge que le reste du tubercule. Cette différence de teinte s'accroît à mesure que le tubercule est plus voisin de la germination.

Si nous appelons *P* le pôle du sommet, *M* le milieu du tubercule, et *P'* le pôle d'attache du tubercule, en comparant la répartition des substances, on trouve qu'elle est beaucoup plus uniforme dans les tubercules de sol humide et au contraire plus différente suivant la région dans ceux des sols secs. Ainsi la *différenciation physiologique* est poussée plus loin en sol sec, et cela correspond bien à ce que l'examen externe peut indiquer : les pôles pour la variété Saucisse rouge du sol sec, par exemple, sont bien mieux colorés que la partie moyenne du tubercule.

La polarité au point de vue chimique est donc très atténuée en sol humide et très accentuée en sol sec. La germination des tubercules va du reste mettre en relief cette différence.

Ayant laissé germer les tubercules à la lumière diffuse, le 26 avril 1894, en examinant chacune des séries de tubercules on observait les faits suivants :

Pour ce qui est du poids sec nous citons les chiffres relatifs à la première variété (Institut de Beauvais) ; les tubercules avaient des pousses de moins de 5 centimètres.

Tubercule de sol sec.	{	Au pôle <i>P</i>	le poids sec représente 30.38 p. 100 du poids frais.			
		Au milieu	—	26.86	—	
		Dans les pousses de germination	{	—	22.92	—
Tubercule de sol humide.	{	Au pôle <i>P</i>	le poids sec représente 23.48 p. 100 du poids frais.			
		Au milieu	—	25.10	—	
		Dans les pousses de germination	{	—	18.95	—

La répartition des pousses sur le tubercule correspond à la répartition des substances de réserve (voy. Pl. IV, fig. 3 et 4).

En sol sec, les pousses sont très développées au pôle *P*, un peu en *P'* et presque toujours absentes au milieu. Les pousses de *P* sont beaucoup plus précoces que les autres (voy. Pl. IV, fig. 3).

En sol humide elles sont très rares ou beaucoup moins développées en *P* et en *P'*. Au contraire les plus grosses pousses sont au milieu du tubercule. La germination du bourgeon commence partout en même temps (voy. Pl. IV, fig. 4).

Quand les tubercules commencent à germer leur aspect est très différent comme nous l'indiquons ici :

1^{re} variété [S] (1). Pousses très nombreuses en *P* et très fortes; longues de 3^{cm},5 beaucoup plus nombreuses que sur les tubercules de sol humide.

En *P'* quelques pousses de 1 centimètre. En *M* yeux dormants, bourgeons à peine visibles.

[H]. Pousses réparties presque uniformément sur tout le tubercule, au moins aussi développées au milieu (3^{cm},5).

2^{me} variété [S]. Une grosse pousse de 2 centimètres au moins presque isolée au pôle *P*, les pousses avoisinantes sont à peine visibles.

Au pôle *P'* les pousses sont visibles, mais peu développées. Au milieu les yeux sont dormants.

[H]. Plusieurs pousses en *P*, dont souvent une plus grande ayant à peine 1 centimètre. Les pousses sont développées uniformément sur les 30 yeux des tubercules et atteignent 6 millimètres. Ce tubercule, comme le précédent, présente donc le fait très caractérisé d'avoir une germination qui est uniforme dans les tubercules de sol humide et très localisée au pôle antérieur sur les tubercules de sol sec.

3^{me} variété [S]. Pousses non ramifiées existant seulement

(1) [S] veut dire tubercule de sol sec. [H] signifie tubercule de sol humide.

en *P*, et atteignant 2 à 3 centimètres de longueur. Les autres yeux sont dormants.

[H]. Pousses très ramifiées de 4 centimètres environ, avec rameaux de 3 centimètres. Germination uniforme, au milieu comme aux pôles.

4^{me} variété [S]. Toujours beaucoup de pousses au pôle *P* plus vigoureuses que celles de [H].

[H]. Pousses assez rares au pôle *P*, plus développées un peu au-dessus de *M*.

5^{me} variété [S]. Pousses en *P* parfois ramifiées; quelques-unes ailleurs; pas en *P'*.

[H]. Pousses partout et plus ramifiées dès la base. La germination est assez uniforme sur tout le tubercule.

Ainsi, pour tous les tubercules le résultat est analogue et les différences sont dans le même sens, mais plus ou moins caractérisées. Toujours la *polarité* est beaucoup plus accentuée en sol sec.

Ce fait est important pour le rendement ultérieur. Puisque les pousses *P* du tubercule de sol sec sont moins nombreuses, plus précoces, et plus fortes, les plantes qui en seront issues bénéficieront de cette particularité.

Le tubercule de sol humide, dont la composition chimique et la germination sont plus uniformes, semble un tubercule arrêté dans sa différenciation physiologique, il est donc moins parfait.

Ainsi la conclusion est ici, pour le tubercule, comme pour la graine.

Le rendement industriel est exagéré par l'humidité, à ce point de vue l'irrigation est donc recommandable. Quand il s'agit de tubercules destinés aux plantations, il faut redouter une humidité du sol un peu exagérée, puisque le tubercule produit est moins parfaitement différencié. Cet arrêt de différenciation physiologique peut retentir sur les descendants et par suite amener une dégénérescence qu'il faut éviter. Les expériences que je vais continuer sur cette question me

permettront sans doute de préciser cette conclusion. Dans tous les cas l'expérience jusqu'ici confirme ce que nous avons trouvé pour la reproduction par graine :

Si l'on replante en sol humide les tubercules venant du sol humide, et en sol sec ceux qui proviennent du sol sec, les différences dans les rendements sont moins accentuées la seconde année que la première.

En sol humide on constate, comparativement à l'année précédente, un affaiblissement de la récolte, et au contraire il y a une augmentation de la récolte en sol sec.

Là encore il y a affaiblissement de la race sous l'influence d'une humidité qui semble en apparence favoriser l'individu en exagérant sa croissance.

Une autre preuve de la généralité probable de cette loi m'a été donnée par une très ancienne observation relative à la vie des arbres.

Ce qu'on nomme, dans les arbres, mort de vieillesse est, à proprement parler, l'extinction de la race, car l'accroissement continu ne s'arrêterait jamais s'il n'occasionnait la mort du liber par hypertrophie.

Les forestiers ont remarqué que le sol, le climat, l'exposition, les qualités individuelles influent beaucoup sur la durée de l'arbre; et c'est un fait signalé par Brisseau-Mirbel (1), que le Chêne, par exemple, dure deux ou trois siècles de moins dans un terrain humide que dans un terrain sec. Il vit 600 ans au lieu de 900. Il en est de même du Châtaigner.

La conclusion à laquelle je suis arrivé dans ces recherches expérimentales, vient donc à l'appui des théories de Spencer : dans certains cas, la croissance maximum de l'individu est antagoniste de la durée et du perfectionnement de sa race.

(1) Mirbel, *Physiologie végétale*, p. 76.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1. — *Influence de l'eau sur l'accroissement en poids.*

Il y a un optimum d'humidité du sol variable suivant les organes considérés et suivant le stade de la végétation. Le développement en poids est entravé par une humidité exagérée comme par une trop forte sécheresse.

1° La vie de la racine est particulièrement influencée par la quantité d'eau contenue dans le sol. Sous l'influence de la sécheresse, son affaiblissement postfloral est très grand et sa période de croissance est considérablement abrégée, ce qui arrête hâtivement la vitalité de la plante entière;

2° Les cotylédons s'accroissent aussi plus longtemps en sol humide qu'en sol sec ;

3° L'action de l'humidité retentit d'abord sur l'accroissement de l'axe hypocotylé, puis sur l'accroissement de la tige ;

4° Cette action favorise, d'une façon générale, le développement de la plante, aussi bien en poids frais qu'en poids sec, mais cette influence est plus forte sur les parties aériennes que sur les parties souterraines ;

5° Le poids frais et le poids sec atteignent pour chaque organe des maxima bien différents suivant la teneur du sol en eau ;

6° La proportion centésimale d'eau interne est plus forte sur le sol humide, mais la différence est très faible quelle que soit la période de végétation considérée.

La comparaison des courbes indique que les stades de végétation sont changés dans leur durée, mais dans des sens très variés suivant le degré de sécheresse.

2. — *Influence de l'eau sur la croissance.*

Une fois le gonflement de la graine assuré, la germination n'a besoin que d'une quantité d'eau assez faible et la plante exige une sécheresse relative d'environ 15 p. 100 de la

quantité d'eau nécessaire à la saturation du sol. Lorsque la racine est fixée, le développement régulier de toute la plante bénéficie au moment du minimum centésimal du poids sec, d'une quantité d'eau très forte (40 à 45 p. 100).

Cette particularité n'avait jamais été soupçonnée jusqu'ici et peut avoir des applications pratiques. La proportion d'eau doit tomber à 20 ou 25 p. 100 pendant la feuillaison. En se relevant ensuite à 45 p. 100, la teneur du sol en eau assure l'accroissement rapide qui précède et détermine la floraison. Une certaine dessiccation est ensuite nécessaire pour assurer la fructification. Pour les plantes à floraisons successives, une humidité plus forte, de 30 p. 100, produit ensuite une ramification abondante, et la maturation des fruits exige pour s'accomplir dans de bonnes conditions, une sécheresse relative, de 10 p. 100. Il y a donc une sorte d'alternance dans les exigences de la plante en eau, ce qui indique qu'une irrigation permanente du sol est loin de réaliser les conditions optima.

Nous avons exposé avec détails ce qui concerne l'action de l'eau sur la croissance générale de la tige et de la racine : nous avons montré combien la teneur du sol en eau peut influencer sur l'accroissement en longueur et en largeur de la tige et par suite sur la ramification.

L'intensité de croissance totale, la périodicité de la croissance des entre-nœuds et des rameaux, ont été examinées tour à tour et de leur étude découlent des conclusions qui intéressent la morphologie externe.

Abordant ensuite la durée de la croissance nous avons été amené à expérimenter séparément l'action de l'air humide et l'action inverse du sol humide. Nos conclusions ont ainsi précisé l'action de la sécheresse :

La floraison est retardée soit par le sol sec, soit par l'air humide, tandis qu'elle se trouve au contraire hâtée par l'air sec et par le sol humide. L'étude de l'influence de l'humidité sur la ramification, complète les conclusions relatives à la durée totale de la végétation.

3. — *Influence de l'eau sur la propagation et l'avenir de l'espèce.*

Nous avons envisagé successivement la reproduction par graine et la multiplication par gemmiparité ;

1° L'humidité du sol favorise et augmente dans de grandes proportions le rendement en nombre des fruits et des graines, mais la sécheresse produit des graines plus grosses et plus pesantes. Sur un sol humide, la plante donne des graines non seulement plus petites, mais encore susceptibles de faire dégénérer la race ;

2° Le nombre des tubercules est peu influencé par les variations de la teneur du sol en eau. Sur un sol humide, la plante donne des tubercules plus gros et augmente donc le rendement en poids ; mais elle produit des tubercules à polarité peu accentuée, qui paraissent arrêtés dans leur différenciation physiologique. Ils sont donc moins parfaits que les tubercules qui ont subi l'influence de la sécheresse du sol.

Ce travail a été fait au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, où j'ai pu installer dans d'excellentes conditions de nombreuses cultures expérimentales.

J'adresse à M. Gaston Bonnier, Directeur du Laboratoire, le témoignage respectueux de ma gratitude et de ma reconnaissance pour sa bienveillante direction.

Vu et approuvé, Paris, le 20 octobre 1894,

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

G. DARBOUX.

Vu et permis d'imprimer, Paris, le 20 octobre 1894.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

- Fig. 1. — Rameau de *Thlaspi Bursa-pastoris* ayant poussé sur un sol humide, pour montrer la taille moyenne des fruits adultes (*fa*) et la longueur (*p*) de leurs pédoncles. — L'inflorescence tend à devenir un corymbe.
- Fig. 2. — Rameau de *Thlaspi Bursa-pastoris* ayant poussé sur sol sec, pour comparer les fruits avec ceux de la figure 1. — L'inflorescence est une grappe qui tend à devenir un épi.
- Fig. 3. — Rameau de *Thlaspi Bursa-pastoris* ayant poussé sur un sol sec qui a été ensuite abondamment irrigué par un orage. — Avant l'orage le sommet de la tige était en (*s*). — La taille des fruits adultes était comme dans la figure 2. — Sous l'influence de l'orage la taille des fruits n'a pas augmenté. Les pédoncles *p''* seulement se sont allongés un peu de la longueur *p''-p'*. — Le sommet végétatif a poussé et donné naissance à de nouveaux fruits qui atteignent une taille (*M*) égale à celle des fruits de la figure 1. La station sèche a donc limité la croissance des premières formations mais n'influe plus sur les nouvelles.
- Fig. 4, 5, 6. — Feuilles de *Linum usitatissimum* prises dans dix régions de la tige depuis la base (1^{re} région) jusqu'au sommet (10^e région).
- Fig. 4. — Pied de Lin ayant poussé sur sol humide.
- Fig. 5. — — — — — sol sec.
- Fig. 6. — — — — — sol sec et irrigué ensuite vers la fin de la végétation à la floraison. — L'influence de l'arrivée de l'eau se traduit par l'accroissement des feuilles. Les plus jeunes sont celles qui en bénéficient le plus au point de vue de la capacité de croissance. Les six régions inférieures ne subissent aucun changement.

PLANCHE II.

- Fig. 1. — *Lupinus albus*. Plante fleurie ayant poussé sur sol sec.
- Fig. 2. — La même plante fructifiée.
- Fig. 3. — *Lupinus albus*. Plante fleurie ayant poussé sur sol humide.
- Fig. 4. — La même plante fructifiée. — La comparaison montre que les différences sont moins importantes avant la fructification (fig. 1 et 3) qu'après (fig. 2 et 4). Pendant la fructification la plante de sol sec subit un affaiblissement en poids considérable qui se traduit aussi par des différences extérieures. La plante de sol humide au contraire continue à s'accroître en poids et pousse de nouvelles ramifications qui donnent une deuxième floraison.

PLANCHE III.

Fig. 1 et 2. — Expériences pour déterminer l'influence de l'air sec et de l'air humide sur la floraison du tabac : *o*, ouate ; *s*, acide sulfurique ; *e*, eau.

Fig. 1. — Cloche renfermant de l'air sec et des fleurs (f_1).

Fig. 2. — Cloche renfermant de l'air humide et des fleurs (f_3). En (f_2) se trouve un rameau laissé à l'air libre.

Fig. 3. — Influence de l'air sec sur la floraison du *Datura Stramonium* : *t*, thermomètre ; *h*, hygromètre ; *s*, acide sulfurique monohydraté ; *c*, chlorure de calcium ; *e*, entonnoir permettant l'arrosage du sol ; *o*, ouate.

Fig. 4 et 5. — Séries de pieds de Lin prises à différents stades de la végétation, aux mêmes dates dans les deux sols : *fl*, fleurs ; *fr*, fruits.

Fig. 4. — Plantes de sols secs ($S_1.S_2.S_3.S_4.S_5.S_6.$).

Fig. 5. — Plantes de sols humides ($H_1.H_2.H_3.H_4.H_5.H_6.$).

PLANCHE IV.

Fig. 1 et 2. — *Lupinus albus*. Septième feuille à partir de la base d'un pied de Lupin fleuri cultivé en pot.

Fig. 1. — En sol très sec, 5 folioles par feuille et une petite foliole supplémentaire. Si le sol sec est arrosé, la petite foliole supplémentaire se développe seule et atteint la taille des autres folioles qui n'augmentent pas de taille.

Fig. 2. — En sol très humide, 7 folioles bien développées.

Fig. 3 et 4. — Tubercules de Pomme de terre (Var. Institut de Beauvais).

Fig. 3. — Tubercule provenant d'un sol très sec ; germé au printemps.

Fig. 4. — Tubercule provenant d'un sol très humide ; germé au printemps. La taille des deux tubercules est très différente. La polarité est très accentuée sur le tubercule de sol sec et n'existe presque pas sur le tubercule de sol humide qui paraît arrêté dans sa différenciation physiologique.

Fig. 5 et 6. — Racines de Radis provenant de sol sec (S) et de sol humide (H).

Fig. 7. — Fruit adulte de Lupin blanc ayant poussé sur sol très humide.

Fig. 8. — — — — — sur sol sec.

Fig. 9. — Fruit d'une plante de sol sec. Après la formation du fruit, le sol sec a été irrigué abondamment par un orage. L'arrivée de l'eau a produit le gonflement et le grand développement des graines. Le fruit ne continue pas sa croissance, il est seulement dilaté par la graine. Les graines étaient arrêtées dans leur développement à cause de la dessiccation interne de la plante qui ne permettait plus les migrations vers la graine. Le retour de l'eau assure la migration des réserves et par suite le développement normal des graines.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE. — Répartition stratigraphique des sédiments primaires en Europe.

ZOOLOGIE. — Morphologie et embryogénie des Céphalopodes.

Vu et approuvé. Paris, le 20 octobre 1894,

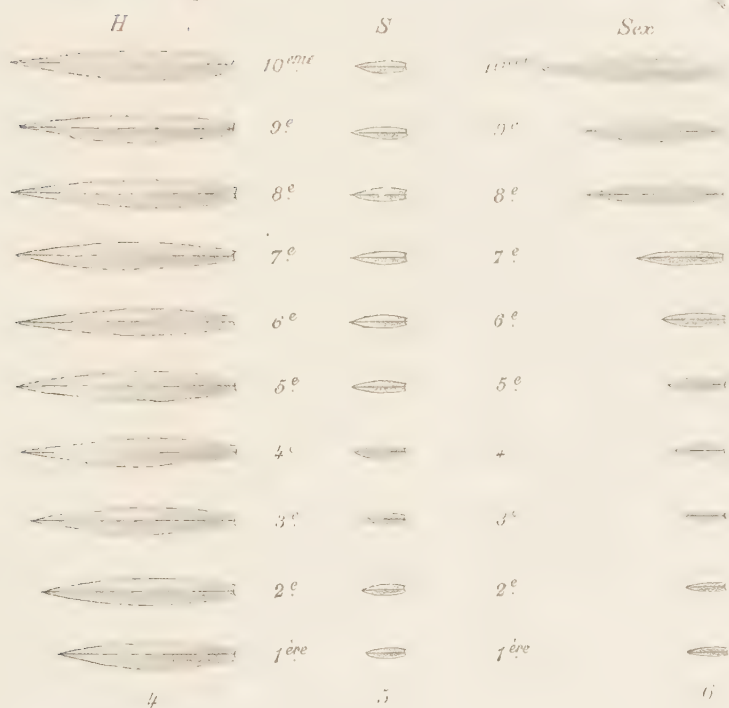
Le Doyen de la Faculté des Sciences,

G. DARBOUX.

Vu et permis d'imprimer, Paris, le 20 octobre 1894.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.



A. Bénard del. et sc.

E. Masson Editeur.

Imp^{ies} Lemerrier, Paris.

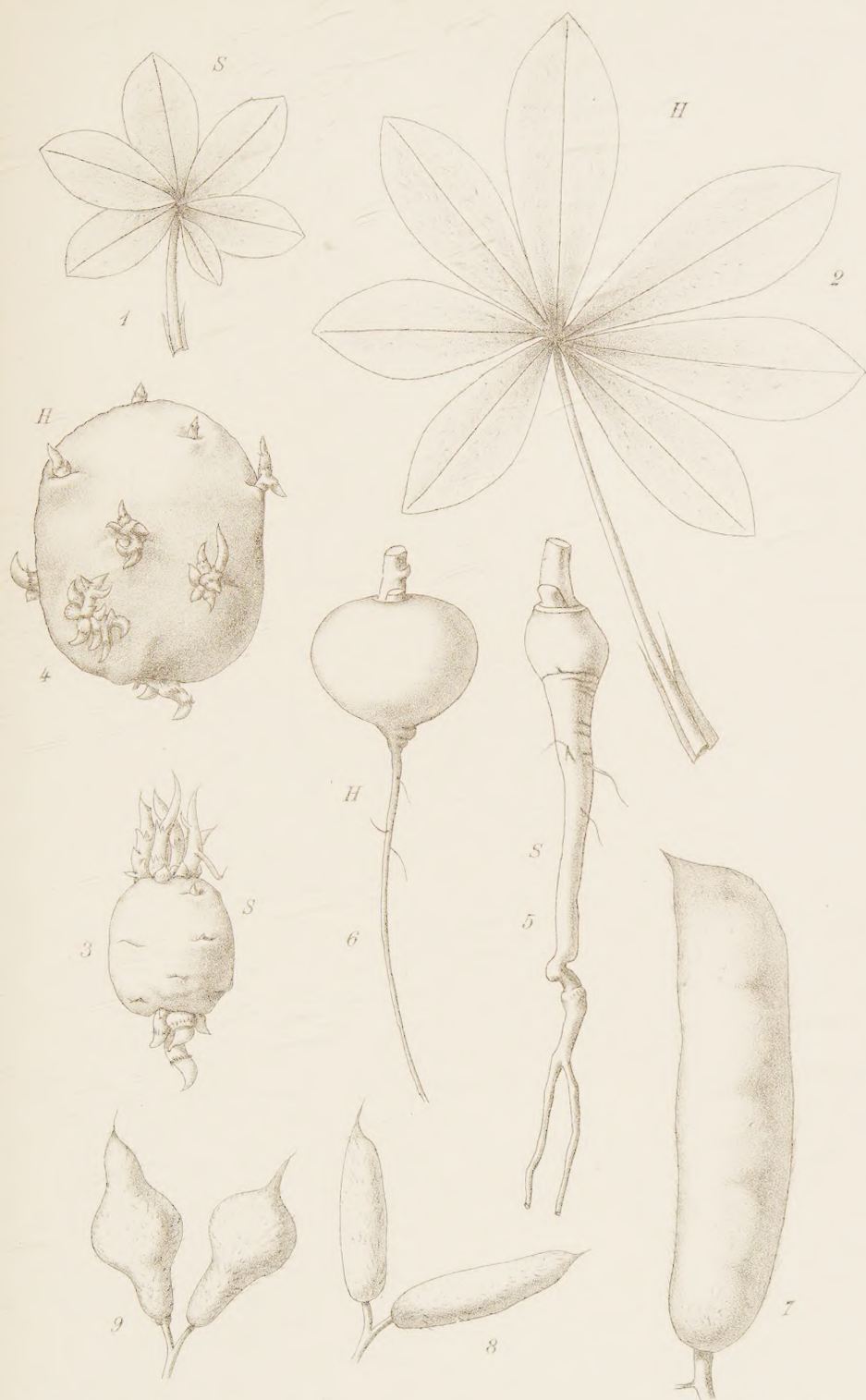


A. Bénard del. et sc.

G. Masson Editeur

Imp^{tes} Lemercier Paris.





A. Bénard del. et sc.

G. Masson Editeur

Imp. Lemerle, Paris.

Rôle physiologique de l'eau dans la végétation.

